



D200629182

# Versterkingsontwerp

## Dijkversterking Wolferen - Sprok

*Auteur:*

Laura Bergsma

*Versie:*

2.0

*Datum:*

8 juli 2020

*Status:*

Definitief

*Unieke referentie:*

WOSPU-1672037726-404044

*Van belang voor:*

planuitwerkingsfase

*Bestemd voor:*

PPWW

*Gecontroleerd door:*

W.F. Louwersheimer

*Vrijgegeven door:*

J.H. Cirkel

L.S.M Bergsma

Handtekening auteur

W.F. Louwersheimer

Handtekening gecontroleerd door

J.H. Cirkel

Handtekening vrijgegeven door

## Inhoudsopgave

<b>1 Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1 Situering .....	4
1.2 Aanleiding en achtergrond .....	4
1.3 Doelstelling ontwerpnota .....	5
1.4 Leeswijzer .....	5
1.5 Wijzigingen .....	5
<b>2 Randvoorwaarden en Uitgangspunten en basisgegevens .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Raakvlakken .....</b>	<b>7</b>
3.1 Aansluiting op aangrenzende dijktrajecten.....	7
3.2 Kabels en Leidingen .....	7
3.3 Archeologie en Bovengrondse cultuurhistorie.....	8
3.3.1 Archeologie.....	8
3.3.2 Bovengrondse cultuurhistorie.....	9
3.4 Niet Gesprongen Explosieven (NGE) .....	9
3.5 Flora en Fauna .....	9
3.6 Bodemverontreiniging.....	9
3.7 Bebouwing.....	10
<b>4 Ontwerpproces en nadere uitwerking VKA .....</b>	<b>11</b>
4.1 Ontwerpproces.....	11
4.2 Ontwerpkeuzes/besluiten na VKA.....	13
4.3 Binnentalud en stabiliteitsberm met leeflaag.....	14
<b>5 Ruimtelijke inpassing .....</b>	<b>18</b>
5.1 Ruimtelijke visie als invulling RKK.....	18
5.2 Doorontwerp VKA naar Basisprofielen.....	18
5.3 Ontwerpprincipes.....	19
5.4 Gastvrije Waaldijk.....	20
<b>6 Geometrie dijkversterking .....</b>	<b>21</b>
6.1 Principe versterkingsprofiel.....	21
6.2 Kruinhoogte.....	22
6.3 Kruinbreedte .....	23
6.4 Onderwatertaluds voorland .....	23
6.5 Pipingvoorziening .....	24
6.5.1 Pipingsscope en innovaties.....	24
6.5.2 Ontwerp pipingvoorziening.....	24
6.6 Constructieve schermen.....	26
6.7 Dijkbekleding .....	28
6.7.1 Grasbekleding.....	28

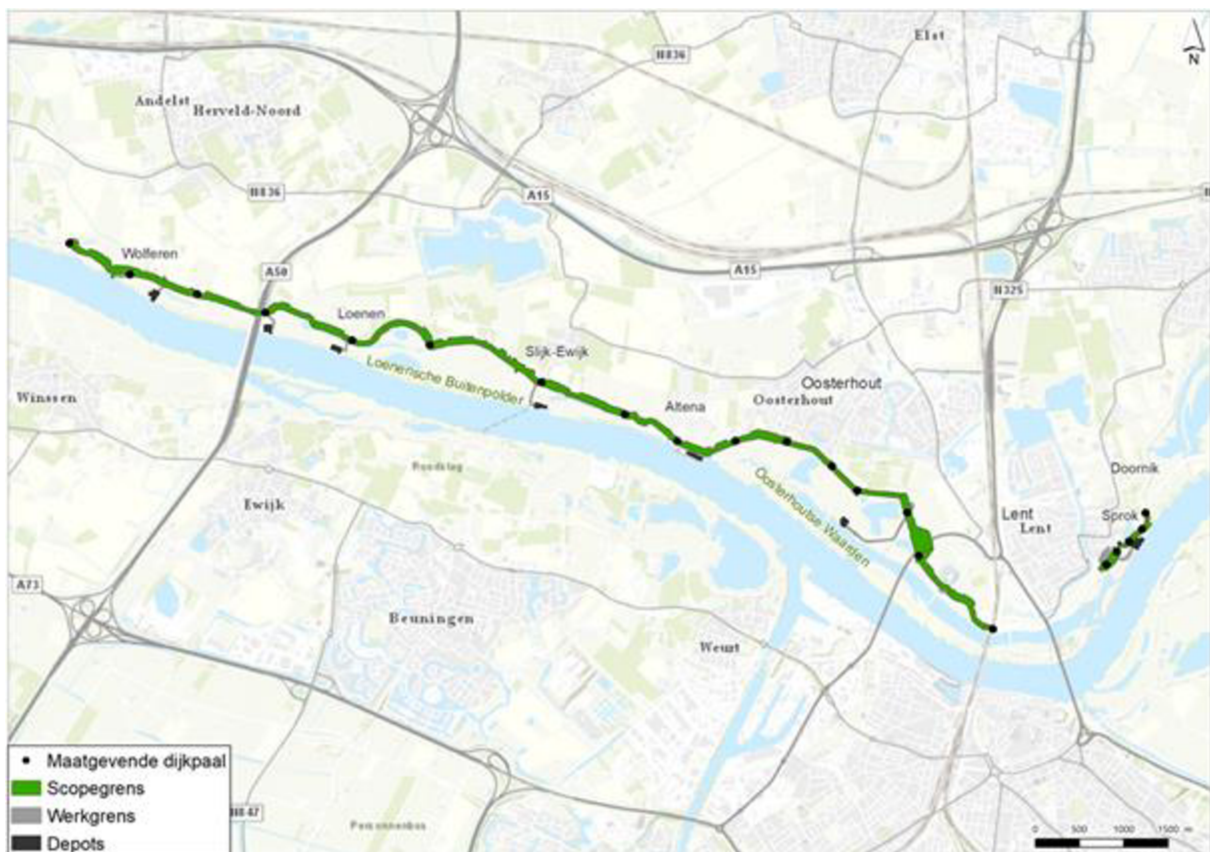
6.7.2 Harde bekleding .....	30
6.8 Niet-waterkerende objecten .....	31
6.9 Wegverharding .....	32
6.9.1 Rijbaan .....	32
6.9.2 Belevingspunten .....	32
6.10 Voorzieningen tegen dierlijke graverij .....	33
6.11 Maatwerkoplossingen .....	35
6.11.1 Uitwerking in 20 ontwerpcases .....	35
6.11.2 Uitzondering: ontwerpcases met buitenwaartse versterking .....	35
<b>7 Veilig en Uitvoerbaar .....</b>	<b>37</b>
<b>8 Beheerbaarheid .....</b>	<b>38</b>
Bijlage 1 Overzicht langsconstructies .....	39

## 1 Inleiding

### 1.1 Situering

Het dijktraject Wolferen-Sprok ligt aan de noordzijde van de Waal. Het traject ligt in de provincie Gelderland en wordt beheerd door het Waterschap Rivierenland (WSRL). De dijkversterking valt binnen de gemeenten Nijmegen (wijk Oosterhout, Lent en buurtschap Sprok) en Overbetuwe (Slijk-Ewijk, dorp Oosterhout en buurtschappen Loenen en Wolferen). Aan de oostzijde ligt een klein deel, ongeveer 300 m, in de gemeente Lingewaard (Bemmel). Aan de westzijde stopt het plangebied net over de grens met de gemeente Neder-Betuwe (ongeveer 150 m). Het dijktraject heeft een totale lengte van ongeveer 15 km en is verdeeld in 17 dijksecties.

In de gemeente Nijmegen gelden enkele bijzonderheden voor het plangebied, die samenhangen met woningbouw (Waalprong) en rivierverruiming. In dijksecties 4 tot en met 7 wordt een ander proces doorlopen, maar de meeste locaties zijn meegenomen in de planuitwerkingsfase. In dijksectie 5 is vooruitlopend op de verdere dijkversterking alvast een binnenberm gerealiseerd, die naast de functie van waterkering ook geschikt is voor de woningbouwplannen van de gemeente Nijmegen.



Figuur 1 Projectgebied dijkversterking Wolferen – Sprok

### 1.2 Aanleiding en achtergrond

De Waaldijk tussen Wolferen en Sprok (zie Figuur 1) voldoet voor 13,2 km van de 15 km niet aan de wettelijke normen voor hoogwaterveiligheid: de dijk is op delen te laag en heeft onvoldoende geotechnische stabiliteit. Dit betreft de macrostabiliteit van het binnentalud en het buitentalud. Daarnaast is voor nagenoeg het gehele traject sprake van een pipingprobleem. De beheerder van de waterkering, Waterschap Rivierenland, kreeg daarom van het nationale

Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) de opdracht om de dijk te versterken. Deze versterkingsopgave moet 2024 gereed zijn.

### 1.3 Doelstelling ontwerpnota

Het doel van deze ontwerpnota is het beschrijven van het technisch ontwerp dat ten grondslag ligt aan het Projectplan Waterwet (PPWW). Hierin is de ontwerpwijze beschreven en zijn de (verwijzingen naar) berekeningen opgenomen. Hiermee vormt de ontwerpnota Versterkingsontwerp een achtergronddocument bij het PPWW. Deze ontwerpnota beschrijft de resultaten van het technisch ontwerp uit de planuitwerkingsfase. Verder dient het als startpunt bij het nader uitwerken van het uitvoeringsontwerp en de contractvoorbereiding ten behoeve van de uitvoering na de planfase.

### 1.4 Leeswijzer

De ontwerpnota start met een aantal algemene, meer procesmatige hoofdstukken. Hierin is de scope van het ontwerp vastgelegd en de voor het ontwerp geldende Randvoorwaarden en uitgangspunten (H2). Vervolgens wordt ingegaan op Raakvlakken (H3) van de dijkversterking met (objecten in) de omgeving.

Na deze meer algemene hoofdstukken zijn het Ontwerpproces en Ontwerpkeuzes na het VKA (H4) en vervolgens het ontwerp van verschillende onderdelen van de dijk beschreven (H5 en H6).

Het laatste deel gaat, voor zover dat op dit moment in de planuitwerking mogelijk is, in op uitvoeringsgerelateerde aspecten zoals Veilig uitvoerbaar (H7) en Beheerbaarheid (H8).

### 1.5 Wijzigingen

De eerste versie van de ontwerpnota ontwerploop 3 is in april 2020 aangeleverd als achtergronddocument bij het concept ontwerp PPWW halverwege ontwerploop 3. Met het afronden van het technisch ontwerp is de ontwerpnota aangevuld met onderstaande wijzigingen t.o.v. v1.0.

#	Hoofdstuk	Wijziging
1	3.2	Resultaat haalbaarheidsstudie Tennet geeft oplossing hoogtetekort door aanspannen kabels. Het versterkingsontwerp blijft hierdoor ongewijzigd.
2	3.3	Actualisatie archeologische studie met booronderzoek met als resultaat 16 potentiële behoudenswaardige vindplaatsen.
3	3.3	Borging monumentale grenspalen toegevoegd
4	4.2	Ontwerpkeuze casus 6 Buitenplaats Oosterhout veranderd naar geheel constructie
5	4.2	Ontwerpkeuze casus 1 Sprok (Doornikshof) veranderd naar constructie kruin
6	6.2	Resultaat probabilistische hoogteanalyse Tennet
7	6.8.1	Uitwerking materialisatie dijkversterking en vervangen bekleding waar het huidige talud behouden kan blijven
8	6.8.2	Toevoeging overzichtstabel stand van het ontwerp van de harde dijkbekledingen
9	6.6.2	Resultaten heiproef met kunststof heaveschermen toegevoegd.
10	6.5	Toevoeging locaties toepassen leeflaag

## 2 Randvoorwaarden en Uitgangspunten en basisgegevens

Het vertrekpunt voor het ontwerp in de planuitwerkingsfase vormt het Voorkeurs Alternatief (VKA) ontwerp uit 2018. Dit ontwerp was gebaseerd op een Technische Uitgangspunten Notitie die voor de verkenningsfase was opgesteld. Hiermee is de basis gelegd voor een sober en doelmatig ontwerp.

In de planuitwerkingsfase is de 'Technische Uitgangspunten Notitie' (TUN) geactualiseerd. Op veel punten zijn uitgangspunten gewijzigd vanuit de actie Operatie Spaarkaat binnen WSRL om de ontwerpen verder te versoberen. Een belangrijke notitie die in dit kader door het waterschap is opgesteld betreft de 'Notitie Medegebruik Waterkering' die de nieuwe kaders geeft onder welke voorwaarden medegebruik mogelijk is en onder welke voorwaarden leeflagen op de dijk nodig zijn.

In de eerste helft van 2019 is ook een nieuwe versie van de Ontwerputgangspunten Primaire Waterkeringen (2019) (OPW) door het waterschap vrijgegeven die de oude versie vervangt waar het VKA op was gebaseerd. Alle voor het project relevante uitgangspunten zijn in de TUN verwerkt. Een voorbeeld van een belangrijke wijziging is het overstappen van een kruinhoogte gebaseerd op een overslagcriterium van 5 l/s/m naar 10 l/s/m.

Enkele andere gewijzigde randvoorwaarden/uitgangspunten en basisgegevens die tot verschillen in het ontwerp ten opzichte van het VKA-ontwerp leiden zijn onder andere:

- Aanvullend grondonderzoek (voorjaar 2019) is verwerkt:
  - Verdichting van het aantal sondeer- en boorlocaties;
  - Innovatief grondonderzoek t.b.v. pipinganalyse;
  - Triaxiaalproeven op zand;
  - Doorlatendheidsmetingen kleibekleding.
- Er is voortschrijdend inzicht over enkele uitgangspunten, o.a:
  - Nieuwe keuzes bij de schematisering van dijksmateriaal;
  - Overslagcriterium 10 l/m/s, met uitzondering van enkele maatwerklocaties met 1 l/m/s;
  - Afleiding van nieuwe veiligheidsfactoren voor DGeoFlow.
- Vergroting kruinbreedte van 6 naar 7 m (handhaven huidige gemiddelde breedte).
- In ontwerploop 2 is gerekend met het nieuw beschikbaar gekomen rekenmodel D-GeoStability waarin grensspanningen op een overzichtelijke manier kunnen worden berekend door middel van een gefaseerde aanpak.
- Er is een vlakdekkende opbarstanalyse uitgevoerd.

Meer informatie:

- Technische Uitgangspunten Notitie, versie 8, juni 2020
- Notitie Medegebruik van bermen van primaire waterkeringen (HWBP-projecten), versie 3, 22 september 2019
- Ontwerputgangspunten Primaire Waterkeringen, versie 2, mei 2019R45: Materialisatie, 25 mei 2020

## 3 Raakvlakken

### 3.1 Aansluiting op aangrenzende dijktrajecten

Het dijktraject Wolferen – Sprok (WOS) is onderdeel van normtraject 43-4 en 43-5 langs de noordzijde van de Waal. Aan weerszijden van het dijktraject sluit de dijkversterking aan op de aangrenzende dijktrajecten, bovenstrooms bij Sprok, benedenstrooms bij Wolferen.

Bovenstrooms sluit het dijktraject bij Sprok ter hoogte van dijkpaal DD133<sup>+20</sup> (zie rechts op Figuur 2) aan op de bestaande waterkering (Bemmelsedijk). Vanaf dit punt vindt gedurende de planuitwerkingsfase en realisatiefase van WOS geen dijkversterking plaats. Het versterkingsontwerp sluit hier via een overgang aan. De nieuwe hoogte is binnen een beperkte overgang over een afstand van 10-20 m aan te sluiten op de bestaande hoogte van het aangrenzende dijkvak.



Figuur 2 Aansluiting bij westzijde nabij Wolferen DD286+20 op dijkversterking Nederbetuwe en aansluiting oostzijde bij Sprok DD133+20 op bestaande dijk

Benedenstrooms sluit het dijktraject bij Wolferen ter hoogte van dijkpaal DD286<sup>+20</sup> (zie links op Figuur 2) aan op de het traject van dijkversterking Nederbetuwe. Deze dijkversterking is in voorbereiding. Het voorkeursalternatief (VKA) op het aangrenzende traject is net als bij Wolferen-Sprok een versterking in grond. Afstemming met project Nederbetuwe over het ontwerp vindt plaats.

### 3.2 Kabels en Leidingen

Voor het project is een Kabels en Leidingen (K&L)-inventarisatie uitgevoerd waaruit blijkt dat het projectgebied meerdere kabels en leidingen bevat. Met de netbeheerders wordt in de planfase bekeken, wat de raakvlakken zijn met het ontwerp en welke raakvlakken leiden tot het verleggen van kabels en leidingen. In principe worden langsliggende kabels en leidingen die binnen het versterkingsprofiel liggen, verlegd tot (ruim) buiten het versterkingsprofiel. Deze kabels en leidingen vormen daarmee geen direct raakvlak meer voor het ontwerp.

De kruisende kabels en leidingen moeten in principe gehandhaafd blijven i.v.m. functiebehoud. Vanuit de K&L-coördinatie wordt gestreefd naar het vereenvoudigen en in aantal terugbrengen van de dijkkruisingen. Deze vereenvoudiging heeft geleid tot een reductie in dijkkruisingen voor eenvoudige huisaansluitingen van de nutsvoorzieningen. Deze hebben geen wezenlijke invloed op het versterkingsontwerp. In de verdere uitwerking van het ontwerp ten behoeve van de realisatie wordt dit verder uitgewerkt. Voor enkele te behouden geboorde dijkkruisingen en nieuwe dijkkruisingen bovenlangs zal het ontwerp (piping /constructieve scherm) enige aanpassingen behoeven.

Binnen Wolferen-Sprok is er ook een aantal (6) grote transportleidingen van GasUnie en Vitens die de dijk kruisen. Voor deze grote leidingen loopt een spoor via de POV om te onderzoeken hoe deze leidingen met de dijkversterking gehandhaafd kunnen blijven en of er nog aanvullende voorzieningen nodig zijn voor de dijkveiligheid. Op dit moment zijn hiervoor in het versterkingsontwerp geen aanvullende maatregelen getroffen.

Een vijftal dijkkruisingen met gestuurde boringen worden gehandhaafd en een dijkkruising voor warmtetransportleidingen wordt opnieuw geboord met de gemeentelijke ontwikkeling van een woongebied. Naast de ondergrondse kruisingen zijn er 3 bovengrondse kruisingen van TenneT-hoogspanningslijnen ter plaatse van DD186 en tussen DD180-DD181. Deze HS-lijnen hangen relatief laag boven de dijk waardoor de dijkruin in de dijkversterking niet zondermeer opgehoogd kan worden. Het is wel de wens van het waterschap om de dijk in de versterking op hoogte te brengen. Samen met TenneT zijn de knelpunten in beeld gebracht en onderzocht. TenneT heeft een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden om door aanpassing aan de door hen gehanteerde norm en aanpassing aan de hoogspanningslijnen het hoogteprobleem op te lossen. Uit deze haalbaarheidsstudie is gebleken dat met het strakker trekken en aanpassing van de geleiders de situatie voldoet aan de (nieuwe) minimale afstand en het hoogtetekort oplosbaar is. Het versterkingsontwerp van de dijk gaat hier dus uit van ophogen van de kruin naar de benodigde kruinhoogte conform het ontwerp. Hierop is ook het ruimtebeslag gebaseerd.

Meer informatie:

- K&L-register, versie 4.0.
- PU2 KL notitie, versie 2.0
- VoorOntwerp KL TE19056-A-5 Revisie 8.
- Haalbaarheidsstudie Tennen versie 2.0

### 3.3 Archeologie en Bovengrondse cultuurhistorie

#### 3.3.1 Archeologie

In de planuitwerking is het bureauonderzoek geactualiseerd en een verkennend booronderzoek uitgevoerd. In het geactualiseerde archeologisch bureauonderzoek zijn de onderzoeksmeldingen tot en met 2019 onderzocht. In de zone van dijksectie 9 tot en met 13 zijn binnen en op de grens van het huidige plangebied, het voorkeustracé, vijf archeologische vondstmeldingen, of complexen bekend. Daarnaast zijn verschillende historische objecten op kaart gezet, met daarbij ook lijnobjecten en vlakken die een relatie met de Tweede Wereldoorlog hebben.

Tijdens het verkennend booronderzoek zijn 16 vindplaatsen aangetroffen en begrensd. Naast individuele huisplaatsen, kasteelterreinen en redoutes zijn zowel aanwijzingen gevonden voor kleinere als grotere archeologische nederzettingen. Daarnaast laten delen van het plangebied een dusdanig intact bodemprofiel zien, dat ook hier een hoge archeologische verwachting aan toe is gekend.

Door het afgraven van de bodem kunnen archeologische sporen en resten verdwijnen. Het betreft een groot deel van het binnendijkse plangebied. Het ontwerp gaat al uit van zo min mogelijk ontgraven, maar toch is de (mogelijke) vernietiging niet uit te sluiten. Het ontwerp en de realisatie voorzien daarom in het doorlopen van de archeologische onderzoekscyclus. Op deze wijze worden sporen gedocumenteerd en eventuele vondsten buiten de bodem behouden (*ex situ* behoud).



Er zijn weinig slappe lagen aanwezig, waardoor verstoring van de sporen in de bodem door het ophogen met het dijklichaam vermoedelijk niet optreedt. Door het plaatsen van damwanden verstoort lokaal de ondergrond. Echter zal het onderzoeken van deze locaties een groter oppervlak verstoren dan het plaatsen van de damwanden zelf. Alleen ondiep of bij het graven van een sleuf voor het plaatsen van een damwand, is onderzoek mogelijk.

Er is als eerstvolgende stap voorzien in de volgende onderzoeken, het onderzoek en de eisen daaraan worden nog afgestemd met het bevoegde gezag:

- Archeologische begeleiding aanleg beverscherp Loenense Buitenpolder;
- Geofysisch onderzoek naar de vindplaatsen op de landgoederen;
- Proefsleuvenonderzoek.

Uiteindelijk kan de onderzoekscyclus leiden tot een definitieve opgraving.

### **3.3.2 Bovengrondse cultuurhistorie**

Verschillende monumentale gebouwen zijn door aangepast ontwerp behouden. Aanvullend zijn vanuit cultuurhistorische waarde en monumentale status het Landgoed Loenen en Buitenplaats Oosterhout benoemd en behandeld als maatwerklocaties. Het ontwerp ter plaatse is in overleg met Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) en de eigenaren/beheerders van de landgoederen opgesteld.

Verder zijn vier rijksbeschermd en twee gemeentelijk beschermd grenspalen geïdentificeerd rondom de dijk. De grenspalen worden in de uitvoeringsfase beschermd door deze in te meten, te documenteren en tijdelijk op te slaan (op een veilige en geregistreerde locatie). Na afloop van de werkzaamheden worden de palen weer teruggeplaatst op de oude locatie.

Langs het tracé zijn verschillende monumentale bomen aanwezig. Deze zijn ingepast in het ontwerp.

### **3.4 Niet Gesprongen Explosieven (NGE)**

In de planuitwerking zijn de NGE verdachte gebieden onderzocht en voor het project in beeld gebracht. Voorafgaande aan de realisatie worden de gebieden vrijgegeven door de WSCS-OCE gecertificeerde aannemer. Hierdoor is er geen noodzaak om in het ontwerp te anticiperen op de NGE verdachte gebieden.

### **3.5 Flora en Fauna**

Het projectgebied bevindt zich deels in Natura 2000-gebieden met hoogwaardige natuurwaarden. In een vroegtijdig stadium zijn deze waarden in kaart gebracht en is er rekening mee gehouden in het ontwerp van maatregelen en de uitvoeringswijzen.

In het ontwerp is actief gestuurd op het (zoveel mogelijk) voorkomen van verlies van N2000 areaal wat buitendijks in de uiterwaarden is gelegen. Dit heeft vorm gekregen in het optimaliseren van het buitendijks ruimtesbeslag van het dijklichaam zodat lange extra stabiliteitsbermen achterwege kunnen blijven en in de afweging en keuze van varianten bij de maatwerklocaties. Binnendijks is in het ontwerp rekening gehouden met het zo min mogelijk schaden van Natuurnetwerk Nederland.

### **3.6 Bodemverontreiniging**

In de planuitwerkingsfase zijn in 2019 nadere chemische bodemonderzoeken gedaan naar de landbodem binnendijks, de kruin op de dijk en de waterbodem buitendijks. Hiermee zijn eventuele vervuilingen inzichtelijk gemaakt en afgeperkt. In de voorbereidingsfase van de realisatie worden deze bodemverontreinigingen vervolgens verder onderzocht. Hierbij wordt er bepaald wat de

samenstelling / ernst van de verontreiniging is, wat er met de verontreiniging dient te gebeuren en wat eventuele saneringsmaatregelen zijn. In de voorbereiding van de realisatie worden de saneringswerkzaamheden uitgevoerd zodat tijdens de realisatie de saneringswerkzaamheden zijn afgerond. Een deel van de saneringen zal in de realisatie uitgevoerd moeten worden aangezien dit niet vooruitlopend kan. Het betreft bijvoorbeeld verontreiniging in de fundering onder de bestaande weg indien deze geroerd gaat worden. Er zijn geen dusdanig grote verontreinigingen in beeld die vragen om een aangepast ontwerp op deze punten.

Wel is in het ontwerp van de ligging van de kruin naar gestreefd om de as van de kruin gelijk te houden tenzij grote delen van het buitentalud behouden zou kunnen blijven door een kleine verschuiving van de kruin. Bij handhaven van de ligging van de kruin kan de wegfundatie en mogelijk een deel van de verharding gehandhaafd blijven. Dit is wenselijk vanuit beheer en onderhoud (voorkomen scheuren in de weg) maar verkleint ook het risico op het moeten afvoeren van mogelijk teerhoudend fundatiemateriaal. Aandachtspunt is nog wel hoe om te gaan met deze vervuiling in de bestaande fundering. Uit de onderzoeken is gebleken dat deze in zijn geheel verontreinigd is met PAK. Er dient vastgesteld te worden of alleen het te roeren materiaal verwijderd dient te worden of dat er voor gekozen wordt nu de gehele verontreiniging weg te nemen. Dit is niet vereist vanuit Besluit Bodemkwaliteit en heeft een impact op kosten maar kan uiteraard wel een keuze zijn met het oog op de toekomst.

Ten aanzien van PFAS houdende grond heeft eind 2019 onderzoek plaatsgevonden naar de waterbodem, in de loop van 2020 zal ook de landbodem onderzocht worden. Naar verwachting zullen de resultaten geen invloed hebben op het ontwerp, maar zullen wel van invloed zijn op de grondbalans en uitvoeringswijze tijdens de realisatie.

### **3.7 Bebouwing**

In de planuitwerkingsfase is een risicoanalyse uitgevoerd naar de omliggende bebouwing. Als onderdeel daarvan heeft een inmeting van vloer- en kelderpeilen plaatsgevonden. De kelders zijn opgenomen in de 3D ondergrond en dwarsprofielen van de bestaande situatie. De aanwezigheid en ligging van kelders is in het ontwerp meegenomen, bijvoorbeeld in de geotechnische berekeningen. Door uitvoeringsexperts binnen het ontwerpteam is bij maatwerk locaties kritisch meegekeken in het bepalen van de ontwerpvarianten en vervolgens het afwegen van deze varianten op uitvoerbaarheid zonder schade.

Daarnaast is een monitoringssysteem aangelegd die eventuele verschuivingen van bebouwing in x-, y-, z-richting meet. Dit monitoringssysteem bestaat uit hoogteboutjes die aan alle woningen binnen 50 meter van de dijk zijn gemonteerd. Deze boutjes worden elk half jaar gemonitord om eventuele zettingen voorafgaand aan de uitvoering reeds in beeld te krijgen. Direct voorafgaand aan de realisatie worden bouwkundige vooropnames gedaan en vastgelegd in rapporten. Indien er risicovolle werkzaamheden in de korte nabijheid van risicovolle objecten moeten worden uitgevoerd, dan worden deze panden eventueel extra gemonitord. Voor de monitoring van de objecten wordt een monitoringsplan opgesteld. Na afronding van de realisatie worden eventuele schadegevallen gemeld aan de benodigde verzekeringen (o.a. CAR verzekering) en wordt de schade in behandeling genomen en opgenomen.

## 4 Ontwerpproces en nadere uitwerking VKA

### 4.1 Ontwerpproces

Het ontwerpproces voor de hoogwaterveiligheidsopgave verloopt in twee fasen: een verkenningfase en een planuitwerkingsfase.

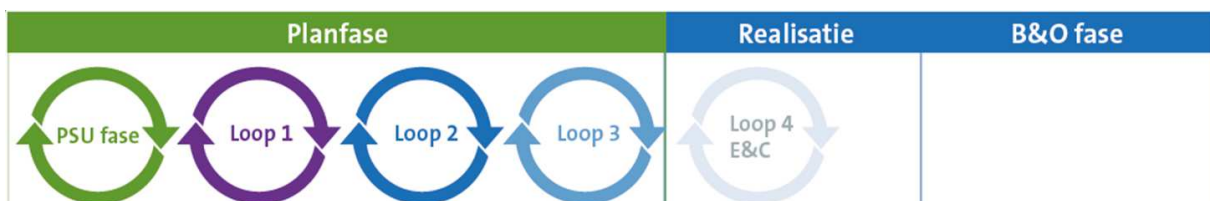
- Het resultaat uit de verkenning is een keuze voor het VKA. Onderdeel van de verkenning is ook een alternatievenbeoordeling (milieueffectrapport (MER) fase 1). Het VKA uit de verkenning bestaat per (deel)dijksectie uit een keuze voor een alternatief met maatregelen en maatwerklocaties.
- In de planuitwerkingsfase wordt het VKA in ontwerploops verder uitgewerkt met nadere detaillering bij constructies, maatwerklocaties, de wijze van de uitvoering en de uitwerking van de benodigde mitigatie en compensatie (MER fase 2).

Het ontwerpproces verloopt van grof naar fijn. Dit betekent dat in de verkenningfase vaak grotere dimensies worden aangehouden dan uiteindelijk nodig is. Dit om latere verrassingen te vermijden. Hierbij is het detailniveau zodanig dat geen alternatieven worden afgeschreven die na optimalisatie nog met het VKA zouden kunnen concurreren.



Figuur 3 Ontwerpproces in de verkenning- en planuitwerkingsfase

Voor het ontwerp in de planuitwerkingsfase vormt het VKA het uitgangspunt. Enerzijds is dit VKA-ontwerp nader geoptimaliseerd, onder andere doordat nader grondonderzoek is gedaan. Anderzijds is invulling gegeven aan het grote aantal maatwerklocaties en in het VKA benoemde ontwerpissues die nog nader ingevuld moesten worden.



Figuur 4 Overzicht ontwerploops

### Ontwerploops

Het werkproces in de planuitwerkingsfase is onderverdeeld in vier ontwerploops waarin het ontwerp steeds verder uitgewerkt wordt. Het werken met ontwerploops is een middel om het ontwerpproces

beheerst te doorlopen. Op hoofdlijnen is bepaald wat het detailniveau van het ontwerp aan het einde van iedere ontwerploop moet zijn om te komen tot een PPWW en een E&C-contract binnen de gestelde project- en ontwerpteamdoelstellingen. Onderstaande afbeelding geeft het proces schematisch weer. Opgemerkt wordt dat ontwerploop 4 in de tijd parallel loopt aan de proceduretijd en niet (geheel) in de realisatiefase ligt.

- ontwerploop 0: Voorbereidingsfase, alle gegevens op orde en systemen ingericht, aanpak en prioriteiten voor het ontwerp vastgesteld;
- ontwerploop 1: Bestendigen VKA, ruimtebeslag 80% bepaald op trajectniveau;
- ontwerploop 2: Ruimtelijke inpassing en maatwerkoplossingen uitgewerkt, benodigde informatie gereed voor opstellen planproducten;
- ontwerploop 3: Verkleinen bandbreedtes ten behoeve van subsidieaanvraag en E&C-contract. Afronden Definitief Ontwerp (DO), ontwerp-PPWW, vergunningaanvragen, bestemmingsplannen en concept subsidieaanvraag gereed;
- ontwerploop 4: Doorlopen procedure PPWW en vergunningen, uitwerken DO+ en start UO, afronden contract en prijsonderhandeling. Resultaat is definitief PPWW, overeenkomst E&C-contract, definitief uitvoeringsplan.

### **Ontwerpcases en generiek ontwerp**

Een deel van de ontwerpgegevens zijn generiek en afkomstig uit bijvoorbeeld techniek (wel of geen buitenberm), inpassing (toepassing Ruimtelijk Kwaliteitskader (RKK, zie H5)) of contract (veiligheid/risico).

Het generieke ontwerp richt zich op het ontwerp van de dijkversterking over grotere strekkingen. Daarbij is (ontwerploop 1) het VKA ontwerp bestendigd en zijn het ruimtebeslag en kosten van dit ontwerp zo veel mogelijk geoptimaliseerd. Grote maatwerklocaties zoals bij de buitenplaatsen hebben in ontwerploop 1 invulling gekregen. Daarnaast is onderzocht of de buitenberm die in het VKA ontwerp is opgenomen onderbouwd geoptimaliseerd kan worden om rivierkundige effecten en natuureffecten te verkleinen. Ook lokale as-verschuivingen die in het VKA zijn voorgesteld zijn in ontwerploop 1 onderzocht zodat eind loop 1 een besluit genomen kan worden over het al dan niet toepassen. Het generieke ontwerp voor de aanvullende pipingmaatregel heeft invulling gekregen in ontwerploop 1, 2 en 3. Parallel aan het innovatieve grondonderzoek met betrekking tot piping is onderzocht of via het innovatiespoor een innovatieve maatregel toegepast kan worden. Zie paragraaf 6.5 voor het resultaat van dit pipingspoor.

De overige ontwerpgegevens zijn integraal uitgewerkt binnen de zogeheten ontwerpcases. De ca. 90 maatwerklocaties zijn in samenhang bekeken in 20 ontwerpcases. Een ontwerpcase is geografisch een afgebakend gebied waarin meerdere ontwerpvoorbeeldstukken of belangen spelen die in samenhang moeten worden ontworpen. De ontwerpcases variëren in complexiteit, afhankelijk van het aantal ontwerpvoorbeeldstukken binnen de ontwerpcase. De ontwerpvoorbeeldstukken voor de cases zijn ruimtelijke vraagstukken (aanwijsbaar op de kaart) die een uitwerking moet krijgen ten behoeve van de besluitvorming. In de meeste vallen zijn ontwerpvoorbeeldstukken locatie specifiek, zoals de inpassing van een woning of een kolk. In een aantal gevallen geldt een ontwerpvoorbeeldstuk voor het gehele traject, zoals bij de toepassing van buitenbermen.

Deze aanpak maakte het mogelijk om parallel aan het uitvoeren van het grondonderzoek en het berekenen van het overall ruimtebeslag in ontwerploop 1 al wel te starten met het genereren van oplossingen en het afstemmen met de betreffende stakeholders. Dit zorgt voor meer continuïteit in het werk en biedt ook de gelegenheid om tijdig aanvullende meer specifieke klanteisen op te halen bij de stakeholders voor het definitief maken van het ontwerp ter plaatse.

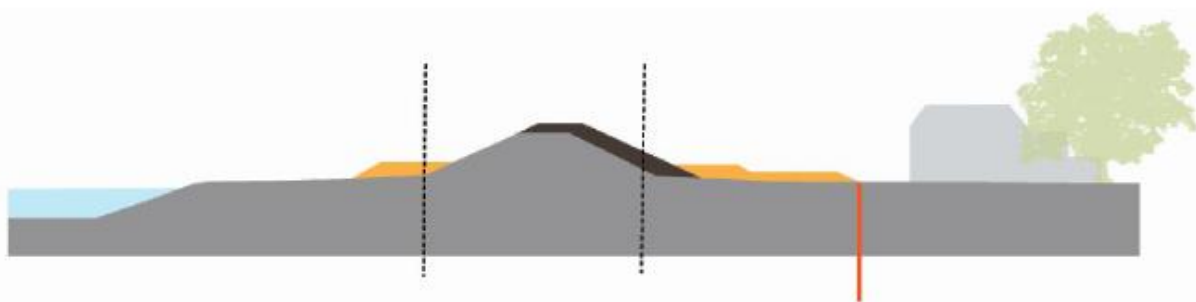
Aan het eind van ontwerploop 2 zijn alle maatwerklocaties via de aanpak in cases uitgewerkt en geïntegreerd in het totale integrale ontwerp. Vervolgens zijn in het begin van ontwerploop 3 een aantal optimalisaties doorgevoerd rond bijvoorbeeld het handhaven van het buitentalud op een deel van het traject en enkele aansluitingen en overgangen. Het Projectplan Waterwet ontwerp wordt in aanloop naar de realisatiefase weer verder gedetailleerd richting een uitvoeringsontwerp.

#### 4.2 Ontwerpkeuzes/besluiten na VKA

Het basisprofiel voor het VKA bestaat uit het versterken in grond met indien nodig een compacte pipingoplossing, zie Figuur 5. In het VKA is er plaats voor optimalisaties en maatwerklocaties die in de planuitwerking nader gedetailleerd worden. Van een aantal maatwerkoplossingen was in het VKA al de zoekrichting aangegeven, van de andere maatwerklocaties waren de oplossingen meer open gelaten. Op een aantal locaties is een versterking in grond als zoekrichting aangegeven, omdat het vermoeden was dat de bebouwing niet geraakt zou worden.

Belangrijke wijziging ten opzichte van het VKA was het besluit van het waterschap om voor alle dijkversterkingen de benodigde kruinhoogte te baseren op een overslagcriterium van 10 l/s/m in plaats van de in het VKA gehanteerde 5 l/s/m. Lokaal mag hier onderbouwd van afgeweken worden. Dit resulteert in een lagere benodigde kruin. Gemiddeld is de benodigde ophoging van de kruin op basis van 10 l/s/m ca. 15 cm waarbij er trajecten zijn zonder hoogteopgave en delen met een wat grotere opgave, tot ca. 0,5 cm. Bij enkele maatwerklocaties is na de integrale afweging van varianten besloten tot het lokaal afwijken van 10 l/s/m en een hoogte gebaseerd op een lager overslagcriterium van 1 l/s/m te hanteren. In de rapportages per ontwerpcase is dit nader onderbouwd.

Een ander belangrijke wijziging ten opzichte van het VKA-ontwerp is de benodigde kruinbreedte. Uitgangspunt was en is dat de bestaande breedte gehandhaafd wordt. Het VKA was echter op een niet correcte breedte van 6 m gebaseerd. Het huidige ontwerp is gebaseerd op een kruinbreedte van 7 m wat gemiddeld genomen overeenkomst met de bestaande breedte.



Figuur 5 Basisprofiel VKA: versterking in grond met compacte pipingoplossing in de ondergrond

In ontwerploop 2 zijn de resultaten uit het veld- en grondonderzoek verwerkt in het ontwerp, zijn enkele uitgangspuntenwijzigingen doorgevoerd en is het ontwerp verfijnd, om het ruimtebeslag in detail in kaart te brengen. Door het toepassen van nauwkeurigere uitgangspunten in het basisprofiel zijn de dimensies van het grondlichaam veelal nog kleiner geworden.

De maatwerklocaties zijn aangewezen als ontwerpcases in het VKA gericht op bebouwing. De verschillende varianten zijn verder uitgewerkt, waarbij ook rekening wordt gehouden met het perceel en de directe leefomgeving. Voor elke ontwerpcase zijn de varianten ruimtelijk inzichtelijk gemaakt en beoordeeld op de criteria uit het 'Beoordelingskader' om een integrale afweging te maken tot de voorkeursvariant. Een maatwerkoplossing kan verschillende vormen aannemen. Veelal

is een constructie nodig, omdat er sprake is van ruimtegebrek. In eerste instantie wordt gekeken of er kan volstaan met een grondconstructie. Een overzicht van de voorkeursvarianten voor de ontwerpcases zijn opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht ontwerpbesluiten ontwerpcases (zie ook de online GIS-viewer)

#	Casus	Voorkeursoplossing	Goedgekeurd door OMT
1	Sprok	Constructie kruin	x
2	Vossenpels	Geoptimaliseerde grondoplossing met pipingberm	x
3	Buurtschap Lent	Constructie binnentalud	x
4	Fort Beneden Lent	Grondoplossing met lange constructie	x
5	Oversteek	Geoptimaliseerde grondoplossing met pipingberm	x
6	Buitenplaats Oosterhout	Constructie binnenteen/binnentalud	x
7	Ter Gouw	Constructie binnentalud	x
8	Oosterhout Dorp	Constructie binnenteen	x
9	Dijkwoningen Altena	Grondoplossing conform het VKA	x
10	Bunt / Klein Altena	Constructie binnentalud	x
11	Dijkwoningen Van Kleef	Constructie met een binnenwaartse as-verlegging	x
12	Dorpsentree Slijk-Ewijk	Constructie binnentalud met overslagdebiet van 1 l/s/m met buitendijks ruimtebeslag	x
13	Dijkwoningen Slijk Ewijk	Constructie binnentalud	x
14	Waaldijk 13	Constructie langs hele perceel	x
15	Landgoed Loenen	Grondoplossing conform het VKA en constructie	x
16	A50	Geoptimaliseerde grondoplossing	x
17	Waaldijk 6	Constructie binnentalud met behoud binnendijks ruimtebeslag met een overslagdebiet van 1 l/s/m	x
18	Waaldijk 7	Constructie met behoud binnendijks-ruimtebeslag	x
19	Wolferen	Versterking in grond met as-verschuiving en lokaal constructie	x
20	Tennet-HS-leidingen Oosterhout	Aanpassen ophanging en aanspannen van de hoogspanningslijnen	x

Voor alle maatgevende locaties zijn de benodigde berm lengtes, bermniveaus en taludhellingen berekend om het ruimtebeslag van het ontwerp te definiëren

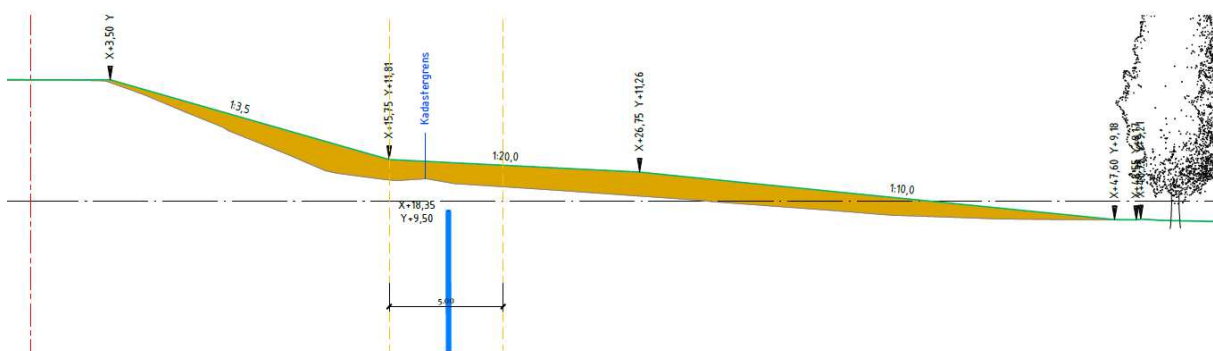
#### 4.3 Binnentalud en stabiliteitsberm met leeflaag

De binnenwaartse stabiliteit wordt in het ontwerp geborgd door het binnentalud en de stabiliteitsberm. Het VKA-ontwerp is aan de hand van het in hoofdstuk 5 opgenomen basisprofiel (Figuur 8) gericht geoptimaliseerd. Inzet was om de relatief hoog op het binnentalud aansluitende bermen lager te krijgen en tegelijkertijd ook de berm lengte te verkleinen.

In ontwerploop 2 en 3 zijn door het uitvoeren van aanvullend grondonderzoek en meer in detail rekenen belangrijke optimalisaties behaald ten opzichte van het VKA. Er waren echter aspecten die de behaalde optimalisaties weer verkleinden. Zo was in het VKA-ontwerp niet correct gerekend met de verzadiging van het binnentalud door een hoger overslagdebiet en heeft daarbovenop het waterschap in de planuitwerkingsfase gekozen voor een nog hoger overslagdebiet. De infiltratie van overslaand water en de eisen aan erosiebestendigheid die gesteld worden aan een talud (o.a. ondiepe glijcirkels in talud) bij een dergelijk overslagdebiet, spelen een dominante rol in de mogelijkheden tot optimalisatie.

Het geoptimaliseerde ontwerp bestaat uit een lagere stabiliteitsberm, die in steek ligt nu 3,5 m onder de kruin. Het binnentalud is verflauwd naar een 1:3,5 helling. Er zijn binnenbermbreedtes van 8 tot 21 m vereist. Gemiddeld per meter dijk is de berm lengte ca. 7,5 m korter t.o.v. het VKA-ontwerp. Ten opzichte van het ontwerp uit ontwerploop 1 is de berm per meter dijk gemiddeld 0,6 m korter. Voor dijksecties 1 t/m 3 geldt dat het ontwerp groter is geworden t.o.v. ontwerploop 1. Dit wordt veroorzaakt door het aanvullende grondonderzoek waardoor er meer klei aanwezig bleek te zijn en de ondergrond dus minder stabiel is gebleken. Verder zijn door het opsplitsen in kleinere delen van de lengte waarvoor een representatief dijkprofiel is doorgerekende bermen veel kleiner uitgevallen, bijvoorbeeld in sectie 13.

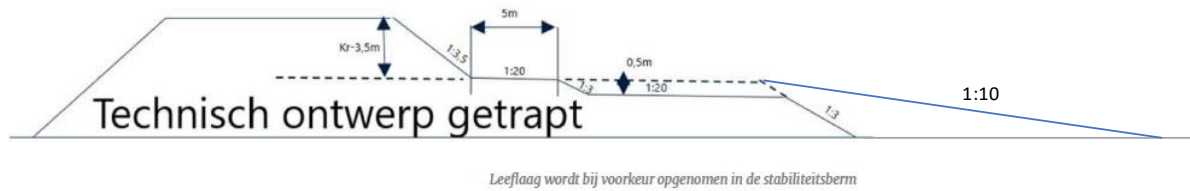
Ten opzichte van het ontwerp uit ontwerploop 2 is het hoogteverschil tussen de kruin en de stabiliteitsberm voor enkele dijksecties verkleind. Met meer in detail rekenen en het toepassen van een versterkte toplaag en een minder conservatief waterspanningsloop is gerealiseerd dat de insteekhoogte teruggebracht is van 3,0 naar 3.5 m onder de kruin.



Figuur 6 Voorbeeld binnentalud 1:3,5 met stabiliteitsberm 1:20 en aansluiting naar MV 1:10

De binnenberm sluit in principe via een talud 1:10 aan op het achterliggende maaiveld. Hiermee is de dijk goed ingepast in het landschap en is bovendien medegebruik van de berm mogelijk. In het landschapsplan zijn de locaties waar dit van toepassing is weergegeven. Om medegebruik mogelijk te maken bij bepaald type gebruik (bijvoorbeeld akkerbouw) moet op het waterveiligheidsprofiel van de berm nog een aanvullende leeflaag van 0,5 m worden aangebracht. Dit leidt weer tot een verhoging van de berm terwijl juist geoptimaliseerd was op het lager krijgen van de berm. Daarom is een verzonken inpassing van leeflagen onderzocht. Het blijkt mogelijk om de berm op gelijke hoogte te houden inclusief leeflaag als gewerkt wordt met een getrapt technisch profiel (zie **Figuur 7Error! Reference source not found.**) waarin de leeflaag de afwerking vormt. In de meeste gevallen kan dit met gelijk ruimtebeslag. Voor 5 van de 12 dijkvakken is enkele meters extra ruimte nodig om de

berm zo vorm te geven. Met het op deze wijze vormgeven van de leeflaag kan na de eerste 5 m vanaf het binnentalud het medegebruik op de berm plaatsvinden.



Figuur 7 Principe verzonken inpassing leeflaag in stabiliteitsberm

In Tabel 3 zijn de locaties weergegeven waar een “getrapte” leeflaag of een lokale inpassing van de berm toegepast gaat worden.

Tabel 2 Locaties toepassen leeflaag

Dijkvak	Van	Tot	Leeflaag	Van	Tot
6a	DD162+050	DD169+050	Toepassen leeflaag getrapt	DD166+050	DD169+000
8b	DD182+000	DD187+000	Toepassen leeflaag getrapt	DD182+000	DD184+000
11	DD197+076	DD203+001	Toepassen leeflaag getrapt	DD197+076	DD201+020
12a	DD203+000	DD209+040	Toepassen leeflaag getrapt	DD204+000	DD209+000
13ab	DD224+000	DD227+000	Toepassen leeflaag getrapt	DD224+000	DD224+060
13bc	DD234+000	DD241+000	Toepassen leeflaag getrapt	DD236+020	DD237+030
15a	DD252+000	DD256+080	Lokale inpassing berm	DD254+070	DD255+010
15b	DD256+080	DD263+025	Toepassen leeflaag getrapt	DD260+040	DD263+040
16b	DD271+050	DD279+000	Toepassen leeflaag getrapt	DD276+070	DD279+010
17	DD279+000	DD286+020	Lokale inpassing berm	DD281+070	DD282+015
17	DD279+000	DD286+020	Lokale inpassing berm	DD285+020	DD285+090

Meer informatie:

- R10c: Dijkversterking Wolferen - Sprok macrostabiliteit binnenwaarts ontwerploop 3, 12 mei 2020

### Overige ontwerpbesluiten

Naast bovengenoemde ontwerpbesluiten met betrekking tot de ontwerpases zijn er nog enkele ontwerpbesluiten genomen:

- Omgang erosiebestendigheid en overslagdebiet bij langsconstucties. Zie voor een nadere toelichting Hoofdstuk 6.6 constructieve schermen;
- Locatie van het heavescherm in de binnenberm: locatie in de 5 m beheerstrook conform beleid. Verzoek tot afwijken beleid is ingediend.
- Toepassen beëindiging stabiliteitsberm met talud 1:10 in plaats van talud 1:3. Zie ook hoofdstuk 5.2;
- Toepassen buitentaludhelling van 1:3, zie ook hoofdstuk hoofdstuk 5.2;
- Werken volgens Notitie Medegebruik Waterkering in ontwerp, zie ook hoofdstuk 5 en **Error! Reference source not found.**;
- Uitgangspunt vierkant versterken gewijzigd naar binnenwaarts versterken, zie ook hoofdstuk 6.1;
- Toevoegen van betonbanden conform basisprincipe weginrichting Gastvrije Waaldijk, zie ook hoofdstuk 5.4;





## 5 Ruimtelijke inpassing

De principes uit het 'Ruimtelijk Kwaliteitskader Wolferen Sprok' uit 2017 (RKK) zijn in de planuitwerking nader uitgewerkt en vertaald in uitgangspunten en ontwerpprincipes voor het doorontwerp in de notitie 'Visie en Uitgangspunten en Ruimtelijke Kwaliteit' d.d. juli 2020. Hierbij wordt het technisch- en landschappelijk ontwerp in samenhang beschouwd. Dit leidt tot een ruimtelijke visie waarmee het VKA is doorontworpen tot een basisprofiel, aan de hand van concrete ontwerpprincipes. Verder worden in het planuitwerkingsontwerp de uitgangspunten van de Gastvrije Waaldijk (GVW) meegenomen. De aaneenschakeling van meerdere dijkversterkingen langs de noordzijde van de Waal krijgt in dat masterplan een uniforme uitstraling en inpassing.

### 5.1 Ruimtelijke visie als invulling RKK

De ruimtelijke visie voor de ontwerpogave van de dijkverbetering is toegelicht aan de hand van acht uitgangspunten. Deze volgen elkaar op in volgorde waarbij het belang verschuift van hoofdkeuze naar details. De 8 uitgangspunten van de ruimtelijke visie zijn:

1. Het huidige dijktracé vormt de basis
2. De dijk is groen
3. De 'hoofdvorm' van de dijk oogt compact (dwarsprofiel) en continu (lengteprofiel)
4. Het landschap van de dijkzone is afwisselend en 'raakt de dijk'
5. Behoud en versterking van beplanting, begroeiing en natuur
6. Voortbouwen op cultuurhistorie
7. Maatwerk en meekoppeling lokale ambities
8. Kansen na de dijkverbetering

Voor de ruimtelijke visie zijn deze uitgangspunten vertaald naar de volgende hoofdpunten voor het doorontwerp:

#### HOOFDPUNTEN VAN DE VISIE

- De dijkverbetering vindt plaats aan, of in directe omgeving van de bestaande dijk.
- Voor dijkverbetering benodigde extra ruimte wordt in eerste instantie aan binnendijkse zijde gezocht.
- Wanneer er binnendijks onvoldoende ruimte kan er lokaal rivierwaartse versterking plaatsvinden met een zo beperkt mogelijk ruimtebeslag.
- De noodzakelijke kleine verschuivingen in het dijktracé kennen een geleidelijk

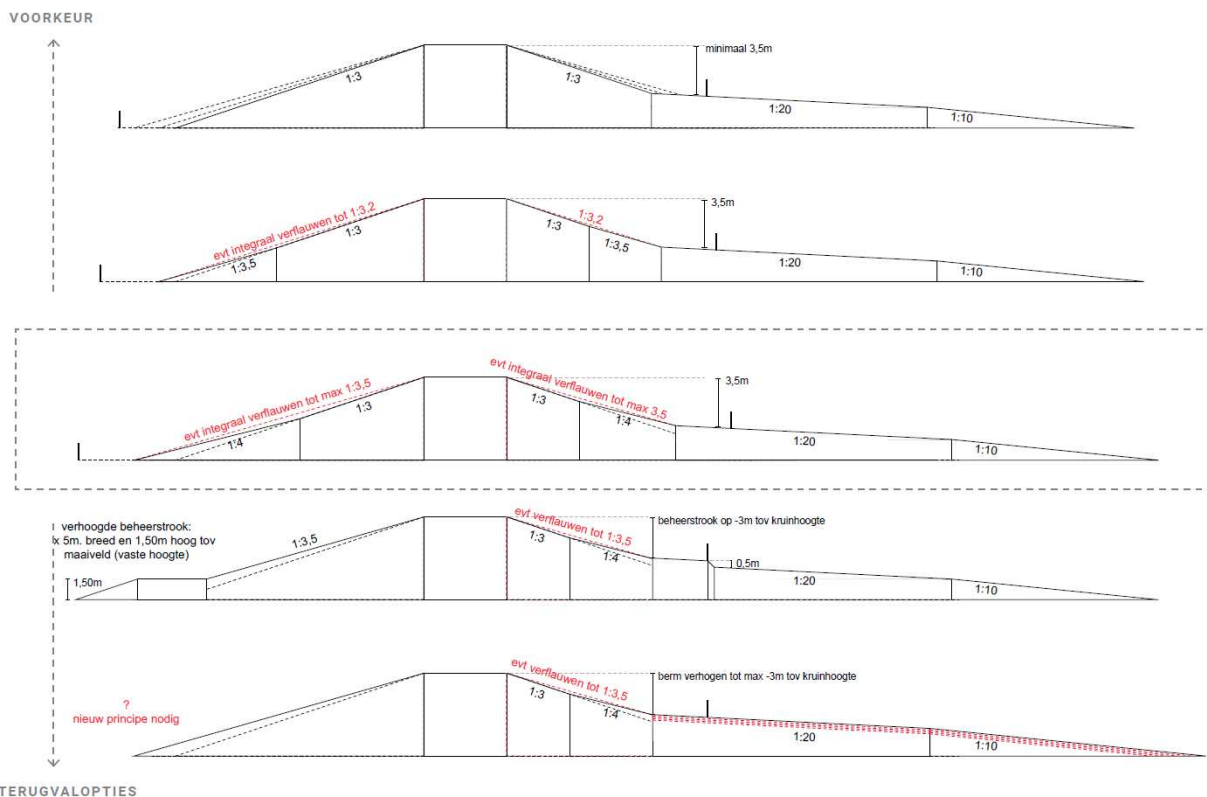
verloop en/of zijn gebaseerd op duidelijke landschappelijke aanleidingen.

- Het huidige lengteprofiel inclusief karakteristieke bochten wordt hierdoor behouden en waar mogelijk versterkt. Hierbij wordt ook gekeken naar herstel van 'fouten' uit voorgaande dijkverbeteringen
- Behoud van de continuïteit van het verloop van de weg op de dijk krijgt extra aandacht, met name bij bebouwing.

### 5.2 Doorontwerp VKA naar Basisprofielen

Op basis van de 8 uitgangspunten van de ruimtelijke visie is het VKA doorontworpen tot een basisprofiel. Binnen het basisprofiel zijn bandbreedtes beschikbaar om te variëren en het profiel aan te passen aan het lokale dijklandschap en versterkingsopgave. Het basisprofiel bestaat zo uit verschillende terugvalopties (zie Figuur 8) waar een profiel wordt gekozen passend bij de lokale omstandigheden: de specifieke kwaliteiten van het dijklandschap en de specifieke versterkingsopgave. In het basisprofiel is uitgegaan van een bermhoogte van -3,5 m onder de kruinhoogte en taluds van 1:3,5. Voor het grootste deel van het traject volstaat het basisprofiel. Lokaal, vooral ter

plaats van bebouwing, worden uitzonderingen gemaakt. Dit zijn de maatwerklocaties die verder uitgewerkt zijn in ontwerpcases om tot een integrale afweging te komen voor het ontwerp.



Figuur 8 Basisprofiel met verschillende terugvalopties/bandbreedtes

### 5.3 Ontwerpprincipes

Voor de verschillende onderdelen van het basisprofiel en veelvoorkomende situaties zijn de volgende ruimtelijke ontwerpprincipes opgesteld die zijn verbeeld in de notitie 'Visie en Uitgangspunten en Ruimtelijke Kwaliteit':

- **Lengteprofiel:** continuïteit van de hoofdvorm van de dijk met eenheid en vanzelfsprekende overgangen tussen dijkprofielen met een verloop in kruin van minimaal 1:100 en talud minimaal 1:30 waarbij op- en afritten secundair zijn t.o.v. trajecten;
- **Hoofdvorm van de dijk:** eenduidige en naadloze aansluiting op bestaande groene taluds en waar mogelijk verwijderen van steenbekleding;
- **Kruininrichting:** eenduidig in aansluiting met de uitgangspunten GVW en een terughoudende en ingetogen inrichting;
- **Buitenberm:** verhoogde beheerstrook als toevoeging aan de dijk met talud naar 1:3, max 1:3,5 (indien noodzakelijk);
- **Binnenberm:** integraal onderdeel van het landgebruik waarbij zoveel mogelijk flauw aflopend en laag (1:10), waar dit niet kan wordt hierop aangesloten met een scherp talud (1:3);
- **Leeflaag en medegebruik:** landgebruik doorzetten op de berm en leeflaag (dikte 0,5m) bij bomen > 5 m hoog, fruitteelt, grasland met grootvee en boomkwekerij;
- **Beplanting:** waar mogelijk behouden en versterken beplanting;
- **Erven en bebouwing:** maatwerk bij inpassing erven en bebouwing;
- **Op- en afritten:** ondergeschikt aan de hoofdvorm van de dijk en behoud functionaliteit t.o.v. huidige afrit als uitgangspunt;

- **Beheer en rasters:** beheerstrook van gras, 4 meter aan de buitenzijde vanaf de teen en 5 meter aan de binnenzijde vanaf de teen op de kavelgrens en integraal beheerd als onderdeel van de hoofdvorm van de dijk;
- **Beheertoeegangen:** ondergeschikt aan de hoofdvorm van de dijk en zoveel mogelijk gecombineerd met oksels op- en afritten;
- **Ontwikkellocaties:** continuïteit van de hoofdvorm garanderen bij ontwikkelplannen en berm landschappelijk aanhelen waar mogelijk en
- **Bijzondere (recreatieve) voorzieningen en inrichtingselementen:** eenduidige vormgeving in aansluiting op uitgangspunten GVW.

#### 5.4 Gastvrije Waaldijk

De komende jaren wordt de noordelijke Waaldijk tussen Gorinchem en Nijmegen versterkt. De versterking van de dijk wordt als een kans gezien om de uitstraling van de dijk een impuls te geven en de beleving te vergroten. Dit is uitgewerkt in het Masterplan Gastvrije Waaldijk (GVW). Dit geeft een Waaldijk met een gastvrij karakter, waar de fiets de hoofdgebruiker is en de auto te gast.

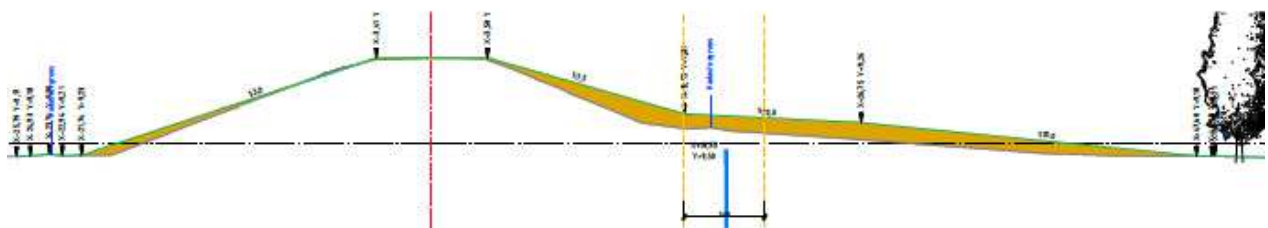
In het planuitwerkingsontwerp zijn de principes van Gastvrije Waaldijk meegenomen. De principes van Gastvrije Waaldijk geven richting aan de verbetering van de ruimtelijke kwaliteit van weg en kruin. Bij deze dijkverbetering worden de wegen in hun huidige functie en verhardingsbreedte gerespecteerd. Het programmateam heeft in het memo 'Opnemen van Gastvrije Waaldijk in de lopende projecten, d.d. 5 februari 2020' voorgestelde kaders beschreven hoe projecten de meekoppelkans GVW mee dienen te nemen in de uitwerking. Deze kaders zijn specifiek gemaakt voor WOS en uitgewerkt in het technisch ontwerp (zie hoofdstuk 6.10).

## 6 Geometrie dijkversterking

### 6.1 Principe versterkingsprofiel

Het uitgangspunt van de versterking is een vierkante dijkversterking waarbij de dijkas wordt gehandhaafd. Voor enkele maatwerklocaties is hierop een uitzondering gemaakt. Onderstaande Figuur 9 geeft het principe van de geometrie van het huidige ontwerp weer:

- Beperkte kruinverhoging
- Buitentalud 1:3
- Binnentalud 1:3,5
- Stabiliteitsberm binnenzijde met insteek 3,5 m onder de kruin, 1:20 en aanheling naar MV onder 1:10



Figuur 9 Principe versterkingsprofiel

In de verkenningsfase en begin planuitwerkingsfase is besloten om vierkant te versterken. Met de optimalisatie van het ontwerp wordt een binnenwaartse versterking mogelijk. Daarnaast zijn ten opzichte van het VKA-ontwerp geen buitendijkse stabiliteitsbermen en taludverflauwing meer nodig. Zo kan het uitvoeringstechnisch en financieel beter zijn om binnenwaarts te versterken. Dit is ook vanuit N2000 gebieden wenselijk.

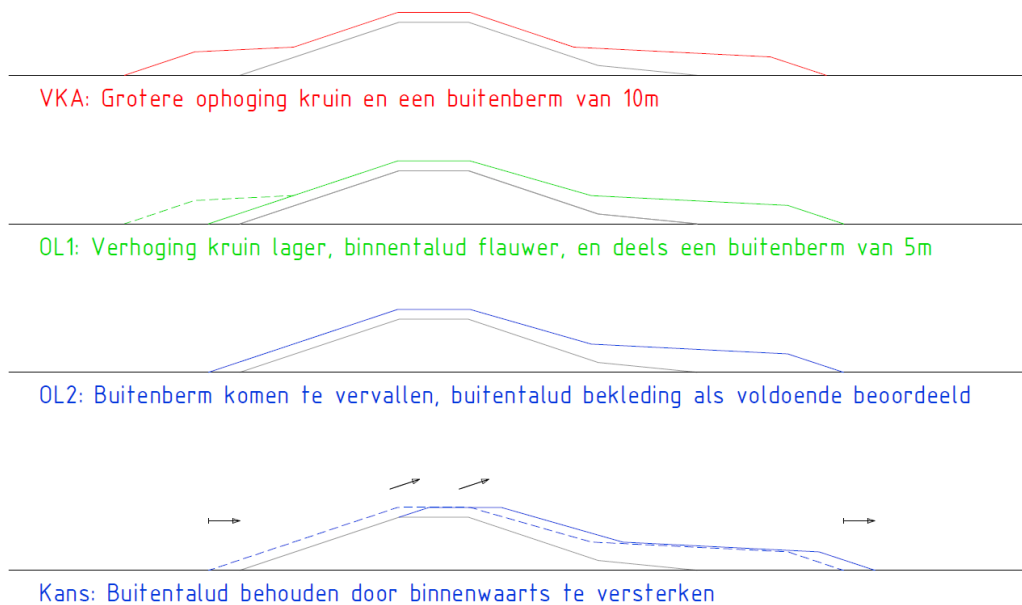
In ontwerploop 1 is hier rekenkundig in geoptimaliseerd, zie ook H2, wat een reductie van de opgave en de bermlengte tot gevolg had, maar wel een taludverflauwing nodig maakte. Toch bleef een opgave bestaan.

In ontwerploop 2 is in afstemming met de andere dijkversterkingsprojecten langs de Waal en met het waterschap gezocht naar een manier om het mechanisme buitenwaartse stabiliteit goed te benaderen. Ook omdat er grote vragen waren bij de uitkomsten van de berekeningen bij de verschillende aansluitende dijkversterkingsprojecten langs de Waal. Een taludhelling van 1:3 werd stabiel geacht te zijn. Ten behoeve van de voortgang is bij meerdere projecten waaronder Wolferen-Sprok op aangegeven van het waterschap besloten om parallel aan het uitwerken van de onderbouwing te kiezen voor het hanteren van buitentaluds 1:3. De projectoverstijgende afstemming heeft geresulteerd in een generieke aanpak vanuit het waterschap ten aanzien van schematisering. Hiermee is voor veel dijktrajecten langs de Waal een taludhelling van 1:3 stabiel bevonden.

Begin Ontwerploop 3 is op basis van het in Ontwerploop 2 uitgevoerde onderzoek aan de bestaande taluds een beoordeling uitgevoerd. Het blijkt dat de bekleding (gras+klei, zie ook par. 6.8) op de bestaande taluds bij een taludhelling van 1:3 nagenoeg overal voldoen. Daarmee kunnen die taluds met een helling van 1:3 of flauwer in principe behouden blijven. Voor vier trajecten is besloten om het buitentalud te behouden en alleen binnendijks te versterken. Dit resulteert in een uitbreiding van de binnendijkse fundering en tot extra ruimtebeslag.

Meer informatie:

- Haalbaarheid binnenwaarts versterken, versie 1.0, 5 februari 2020.



Figuur 10 Ontwikkeling dijkversterkingsontwerp WOS

## 6.2 Kruinhoogte

Het versterkingsontwerp is uitgelegd op een opleverhoogte voor de kruin, dit is de hoogte bij oplevering van de dijkversterkingsmaatregelen. Hierin zit nog een beperkte zettingscompensatie voor zetting van de kruin in de jaren na oplevering. Door deze hoogte in het ontwerp te hanteren worden aansluitingen van bijvoorbeeld op- en afritten correct vormgegeven en wordt de omgeving ook correct geïnformeerd met hoogtes zoals die na realisatie van de dijkversterking erbij liggen.

De opleverhoogte van de kruin is bepaald voor elke dijkpaal en halverwege tussen de dijkpalen om circa elke 50 m.

De opleverhoogte is opgebouwd uit de volgende componenten:

- Hydraulisch belastingniveau (HBN) voor zichtjaar 2075 (grondlichaam) bij gegeven overslagdebiet van 10 l/s/m dan wel in uitzonderingsgevallen 1 l/s/m bij enkele maatwerklocaties [HKV 2017];
- Bodemdaling. In dit gebied echter niet aan de orde, daarom 0 mm/jaar gebaseerd op de in 'Basisspecificatie Dijken' (BSD) genoemde rapportage van Deltares;
- Restzetting na oplevering.

Op de locaties waar de huidige dijkhoogte hoger is dan de berekende benodigde opleverhoogte wordt de bestaande kruinhoogte gehandhaafd, de kruin wordt niet verlaagd.

Door verschillen in onder andere dijkoriëntatie en bestaande kruinhoogte kent de dijk geen uniforme hoogte. Vanuit verkeersveiligheid en landschappelijke inpassing is geborgd dat de kruinhoogteverschillen in een vloeiende overgang verlopen met een helling flauwer dan 1:100.

In het VKA-ontwerp is een overslagcriterium van max 5 l/s/m gehanteerd. In april 2019 is door WSRL een overslagcriterium opnieuw vastgesteld naar max 10 l/s/m. Het overslagcriterium van 10 l/s/m is

gehanteerd in het hoogteontwerp en aangevuld met uitzonderingslocaties van de ontwerpcases waar gekozen is om een lager overslagcriterium van 1 l/s/m te nemen. In een aantal gevallen is de huidige dijkhoogte al hoog genoeg waardoor ook bij het hanteren van een overslagdebiet van 1 l/m/s geen verhoging nodig is. De locaties waar een ophoging nodig is en overslagcriterium van 1 l/s/m geldt zijn:

- Case 1: Kolk van Elferen;
- Case 12: Entree Slijk – Ewijk;
- Case 14: Waaldijk 13;
- Case 17: Waaldijk 6;
- Case 19: Wolferen bij Waaldijk 131.

Het overslagcriterium van 10 l/s/m wordt gezien als sober en doelmatig. Afwijken kan mits goed onderbouwd. Een probabilistische hoogtebeoordeling was dus niet het uitgangspunt hoewel deze tot lagere kruinhoogtes kan leiden. Uit een kwalitatieve analyse blijkt dat een probabilistische benadering uitsluitend nuttig kan zijn ter plaatse van hoogspanningsmasten van case 20 Tennet. In ontwerploop 3 is uit de probabilistische benadering gebleken dat de huidige dijk bij case 20 Tennet nog een levensduur voor hoogte heeft van circa 40 jaar. Dit geeft een mogelijke technische terugvaloptie voor partieel versterken bij Tennet als aanpassen van de hoogspanningskabel onverhoopt niet tijdig kan plaatsvinden. Op deze locatie (rijksmonument) spelen echter nog andere zaken een rol in de keuze van de maatregel.

Meer informatie:

- Dijkversterking Wolferen - Sprok Kruinhoogtetabel, versie 3.2, 20 januari 2020.
- Probabilistische overslagberekeningen Wolferen-Sprok, versie 1.0, 24 maart 2020

### 6.3 Kruinbreedte

Het uitgangspunt voor de kruinbreedte is dat dezelfde breedte gehandhaafd blijft na dijkversterking. Het VKA-ontwerp is gebaseerd op een gemiddelde kruinbreedte van 6 m zoals benoemd in de Technische Uitgangspunten Notitie verkenningsfase (TUN) en het technisch ontwerp bij het VKA. In ontwerploop 2 is een analyse op de kruinbreedte uitgevoerd. De aangeleverde DTM van WSRL is gebruikt en de huidige kruinbreedte en de verharde wegbreedte is iedere 5 m langs de dijk bepaald in het document 'Dijkversterking Wolferen – Sprok Breedtetabel Kruin'. Uit deze analyse volgt een gemiddelde wegbreedte van ca. 4,6 m voor de verharding van de weg, zie ook paragraaf 6.9. Verder laat deze analyse zien dat de kruinbreedte sterk lijkt te fluctueren tussen de 6,5 m en 7,5 m met een gemiddelde van ca. 7 m. Daarmee wijkt de bestaande breedte af van de gehanteerde waarde van 6 m in het VKA. Een ontwerpbesluit is genomen dat een kruinbreedte van 7 m gehanteerd moet worden. Het ontwerp is op deze waarde aangepast en sluit daarmee gemiddeld genomen beter aan bij de huidige kruinbreedte.

### 6.4 Onderwatertaluds voorland

Ter plaatse van twee strangen (Danenburgh en Oude Altena) in het voorland kon de macrostabiliteit van de taluds in ontwerploop 1 nog niet worden gegarandeerd. Hiervoor zijn reststerkteberekeningen uitgevoerd in ontwerploop 2. Op basis van de onderbouwing van de stabiliteit van het buitentalud is het de sterke verwachting dat deze strekkingen gaan voldoen op macrostabiliteit voorland. Hier zijn om die reden geen maatregelen voorzien.

In ontwerploop 3 was de werkwijze voor STBU nog lange tijd onduidelijk waardoor er geen aanvullende analyse naar voorlandstabiliteit is uitgevoerd. De onderbouwing volgt met de nieuwe aanpak voor STBU in de loop van ontwerploop 4.

Meer informatie:

- R24b: analyse stabiliteit voorland loop 2, Ontwerpteam De Betuwse Waard, 13 november 2019

## 6.5 Pipingvoorziening

### 6.5.1 Pipingscope en innovaties

In het pipingontwerp is rekening gehouden met nieuwe ontwikkelingen ten aanzien van het scherper vaststellen van de pipingopgave, afkomstig uit onder meer de POV Piping. Zo is meerlaagsheid en anisotropie meegenomen, is ontworpen met de software DGeoFlow en is onderzoek gedaan naar het meenemen van meer voorland. Dit laatste is een innovatief onderzoek geweest. Het resultaat hiervan is dat dit voor grote delen van Nederland en Waterschap Rivierenland wezenlijke meerwaarde kan opleveren, maar bij WOS wordt het gunstige effect van meer voorland tenietgedaan door nieuw inzichten, waaruit blijkt dat de doorlatendheid van het voorland uitgerekend bij WOS erg hoog is. Hiermee is rekening gehouden met alle nieuwe kennisontwikkeling die op dit moment in beeld is ten aanzien van semi-probabilistisch ontwerp zoals beschreven in het OI2014v4. Op deze wijze wordt invulling gegeven aan de beslisboom piping. De enige elementen ten aanzien van kennisontwikkeling die niet zijn opgenomen in het ontwerp zijn de overstap van 2D piping modellen naar 3D piping modellen en de overstap van semi-probabilistisch naar probabilistisch.

In ontwerploop 3 is het pipingontwerp verder gereed gemaakt. Er zijn nieuwe inzichten beschikbaar gekomen ten aanzien van de doorlatendheid van het voorland en het achterland. De nieuwe inzichten ten aanzien van voorlanddoorlatendheid waren wezenlijk ongunstiger, en hebben als resultaat gehad dat er meer maatregelen nodig zijn om te voldoen aan de waterveiligheidseis. Ten aanzien van ontwerploop 2 is er dus sprake van een toename in de hoeveelheid heaveschermen die nodig zijn. De maatregelen zelf zijn in omvang kleiner geworden; er is lokaal onderzoek gedaan naar de heavegevoeligheid van het zand waaruit gebleken is dat deze bij WOS gunstiger is dan de landelijke defaultwaarde. Dit onderzoek is als innovatief te betitelen. De nieuwe inzichten ten aanzien van de achterlanddoorlatendheid hebben hier ook een bijdrage aan geleverd.

### 6.5.2 Ontwerp pipingvoorziening

In totaal voldoet 12,5 km van de 13,4 km dijk zonder kwelschermen niet aan het pipingcriterium. Dit is aanzienlijk meer dan in ontwerploop 2 was voorzien. Dit komt vooral door voortschrijdend inzicht over de doorlatendheid van het voorland op basis van analyse van aanvullende peilbuisdata. Deze blijkt ongeveer 0,5 m/d te zijn in plaats van de in ontwerploop 2 gehanteerde 0,1 m/d.

Voor de delen die niet voldoen is een heavescherm als maatregel ontworpen.

De keuze is gevallen op een heavescherm van damwanden boven bijvoorbeeld een innovatief vertikaal zanddicht geotextiel vanwege de hogere mate van betrouwbaarheid van aansluitingen tussen onderdelen en lange termijn functioneren (dichtslibbingsrisico geotextiel).

De heaveschermen zijn ook geoptimaliseerd op basis van nieuwe inzichten, zoals hierboven aangegeven. Een heavescherm is in lijn met het VKA-ontwerp waarin was vastgelegd dat dit een compacte maatregel met een pipingscherm diende te zijn, en geen lange pipingberm in grond.

- In ontwerploop 2 is voor de dijkvakken die niet voldoen aan het deelmechanisme piping een lengte van de heaveschermen bepaald van gemiddeld 6 a 7 m in het zand. In ontwerploop 3 is deze lengte afgenomen tot gemiddeld 3 a 4 m in het zand.



- Bestaande kwelschermen van eerdere versterkingen en het 'Ruimte voor de Waal' project lossen 550 m van de pipingscope op.
- Voor een groot deel van het dijktraject is er overlap tussen stabiliteitsschermen en heaveschermen. Hier kan het stabiliteitsscherm tevens worden ingezet als heavescherm, zodat ook piping wordt tegengegaan. Veelal moet het scherm dan enigszins worden verlengd
- De nieuw aan te brengen heaveschermen, in aanvulling op de stalen stabiliteitsschermen, die qua materiaalkeuze voorzien zijn in kunststof, hadden in ontwerploop 2 een totale oppervlakte van 41.500 m<sup>2</sup>. In ontwerploop 3 is dit toegenomen tot 46.047 m<sup>2</sup>. De gemiddelde planklengte is afgenomen van 9,5 m naar 7,5 m.
- De schermen zijn in geval van een steunberm voorzien in de eigendomszone (eerste 5 m) van de berm. In geval van een kering zonder berm, dan staan deze in de teen van de kering, en vallen ze vaak samen met een stabiliteitsscherm.

In Bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de langsconstructies, zowel de stabiliteitsschermen als de kunststof heaveschermen.

Kunststof heaveschermen hebben in het ontwerp de voorkeur boven stalen damwanden vanuit kostenoverwegingen en duurzaamheid. Door de harde ondergrond en doordat kunststof damwanden zwakker zijn dan stalen damwanden is er besloten een maakbaarheidsproef uit te voeren. De proef is uitgevoerd waarbij over 30 m lengte op diverse manieren is geprobeerd om 3 verschillende typen kunststof heaveschermen te installeren. Dit heeft tot bruikbare inzichten geleid, die momenteel worden geëvalueerd.

In ontwerploop 3 was, vanwege de nog niet volledig uitontwikkelde veiligheidsfilosofie rondom D-GeoFlow, besloten enkele trajecten op dat moment niet te versterken, maar deze in de toekomst nader te onderzoeken. Dit hing samen met een veiligheid (factor 1,2) op het meenemen van meer voorland in pipinganalyse dan in het wettelijk instrumentarium voorgeschreven, volgend uit een innovatie onderzoek naar het meenemen van meer voorland. In deze veiligheidsfactor was geen onzekerheid met betrekking tot meerlaagsheid en anisotropie opgenomen. Als gevolg van de nieuwe inzichten in de voorlanddoorlatendheid is het meenemen van meer voorland voor WOS niet langer van nut, maar is de bijbehorende factor nog wel gebruikt in de berekeningen. Verwacht wordt dat onzekerheden ten aanzien van het gunstige effect van anisotropie en meerlaagsheid hiermee afdoende worden ondervangen. Er is besloten hier niet in te optimaliseren. Enkele gevoeligheidsanalyses hebben namelijk uitgewezen dat het voordeel van het wegvallen van de factor 1,2 zou neerkomen op een scopereductie van gesommeerd ca. 1 km versterking, maar wel verdeeld over verschillende delen van het traject. Het gaat dus om verschillende korte delen, en het is daarom qua uitvoeringsproces inefficiënt om deze delen uit de scope te halen. Daarnaast zou, bij het uitnemen van kleine delen uit de pipingscope, deze 1 km reductie nog kleiner worden, aangezien voor al deze korte delen wel nog achterloopschermen moeten worden ontworpen.

Om invulling te geven aan de Richtlijn Kwel- en Wegzijing van Waterschap Rivierenland is een onderzoek uitgevoerd naar de impact die de schermen hebben op de lokale geohydrologische situatie. In alle gevallen zijn de effecten op de grondwaterstanden in hoog- en laagwatersituatie nagenoeg onmeetbaar. De effecten op de functies landbouw, ecologie en bebouwing zijn beschouwd: er zijn geen wezenlijke effecten te verwachten.

Meer informatie:

- R03: ontwerploop STPH, 26 juni 2020.
- R03h: Pipingontwerp OL3
- R48b: Analyse barrièrewerking Wolferen Sprok
- Afleiding heavecriterium WOS, 25 februari 2020.
- Overzicht langconstructie Excel
- R51: vormgeving op- en afriten, 10 maart 2020.

## 6.6 Constructieve schermen

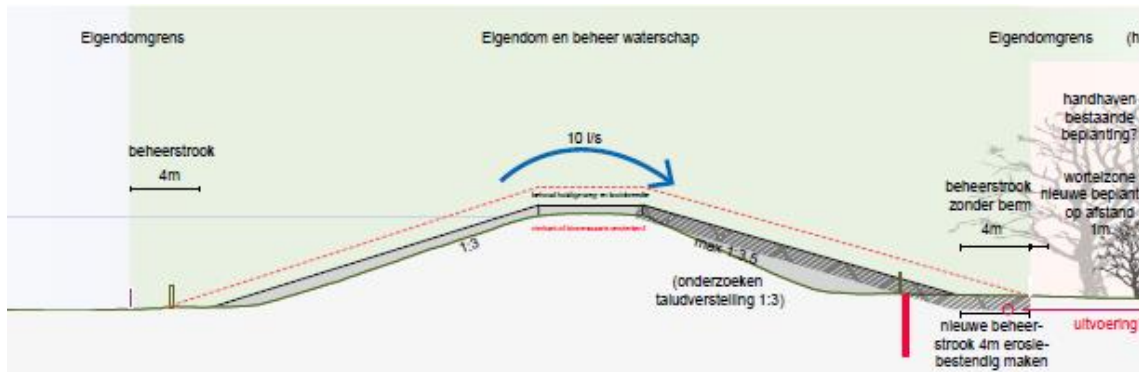
Op maatwerklocaties waar onvoldoende ruimte beschikbaar is voor een grondoplossing, worden constructieve schermen toegepast. Deze constructies zijn ontworpen met een planhorizon van 100 jaar, echter worden deze toegepast in een grondlichaam dat is ontworpen met een planhorizon van 50 jaar. Om de constructies te ontwerpen met de juiste afmetingen en sterktes, is in de berekening een (fictief) versterkingsprofiel van het grondlichaam meegenomen, die een kruinhoogte heeft met een planhorizon van 100 jaar. In de berekening is gezorgd dat het constructieve scherm op een optimale plek staat waar het direct functioneel is voor de huidige dijkversterking, maar tevens op een plek zodat het scherm bij een toekomstige dijkversterking ook nog functioneel bijdraagt.

Per ontwerpcase is minimaal één maatgevende doorsnede berekend. Afhankelijk van de locatie is een AZ18-700, AZ28-700 of AZ24-700 damwand nodig met een lengte van 7 – 15.5 m. Op vier locaties moet de damwand worden verankerd. Op vier locaties zijn al bestaande damwanden. Uit de modelberekeningen voldoen de bestaande damwanden in sterkte en stabiliteit en hoeven niet aangepast te worden. Op twee strekkingen van 40 à 50 m blijkt door nadere analyse geen versterking nodig in de vorm van een aanvullend stabiliteitsscherm. Het hoge gehanteerde overslagcriterium van 10 l/s/m in het ontwerp maakt dat afgeweken moet worden van de standaard aanpak volgens de richtlijnen. De richtlijn beschrijft dat bij een constructie een overslagdebiet tot 1 l/s/m geaccepteerd is. Vanuit projectoverstijgende afstemming tussen de Waaldijkprojecten en het waterschap is een aanpak overeengekomen die uitgaat van een hoger overslagdebiet. Aandachtspunt is daarbij wel de kans op erosie aan de teen van het talud.

Op de stabiliteitsbermen wordt een 6 m brede erosiebestendige strook toegepast aan de onderzijde van het binnentalud. De erosiebestendige strook voorkomt uitspoeling in de teen van het talud en zo een erosiekuil in de stabiliteitsberm.

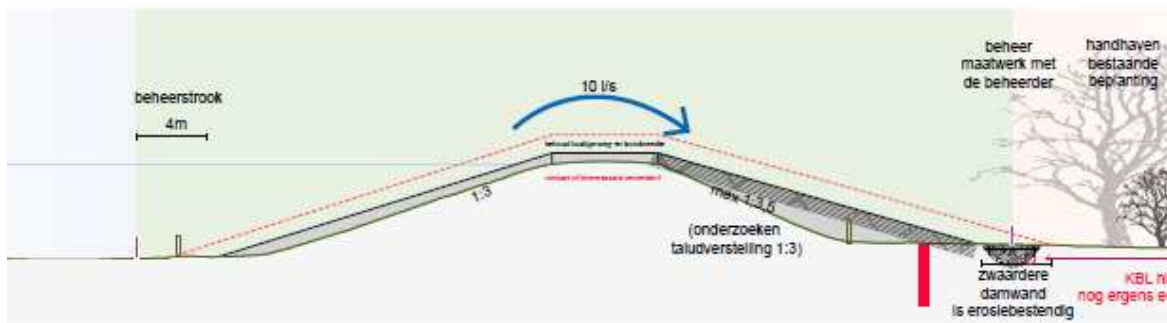
De constructies worden op maatwerklocaties toegepast, omdat de ruimte binnendijs beperkt is door aanwezige waarden. Er is binnendijs dan ook geen ruimte voor het aanbrengen van een brede erosiebestendige strook. Het project Wolferen-Sprok heeft na afstemming met specialisten binnen het waterschap besloten tot de volgende aanpak:

- Daar waar een beheerstrook van 4 m in de teen komt, wordt deze erosiebestendig uitgevoerd. Dit wordt voldoende geacht om geen erosiekuil achter de damwand te krijgen. Er zijn geen extra eisen aan het damwandontwerp



Figuur 11 Langsconstructie met 4 m onderhoudstrook (erosiebestendig)

- Daar waar geen beheerstrook komt, is niet voldoende erosiebestendigheid te garanderen, in die gevallen wordt in de damwandberekening uitgegaan van de aanwezigheid van een erosiekuil van 1 m diep. Dit leidt veelal tot een iets zwaarder ontwerp. De gehanteerde diepte van een ontgrondingskuil van 1 m is onderbouwd als voldoende veilige cq robuuste aanname op basis van elders in het land uitgevoerde overslagproeven en enkele ontgrondingsberekeningen. Zeker indien, zoals bij WOS het geval, een klei(ige) ondergrond aanwezig is.



Figuur 12 Langsconstructie zonder onderhoudstrook (rekenen met erosiekuil)

In Bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de langsconstructies, zowel de stabiliteitsschermen als de kunststof heaveschermen.

Meer informatie:

- R33: langsconstructies, ontwerp constructies bij ontwerpcases, 26 juni 2020
- Memo Omgang erosiebestendigheid bij constructies WOS
- Memo Uitgangspunten constructies m.b.t. versterking voor 100 jaar.
- - R48b: Analyse barrièrewerking Wolferen Sprok
- - R10: Schematiseringsfactor Langsconstructies, 26 mei 2020

## 6.7 Dijkbekleding

### 6.7.1 Grasbekleding

De bekleding op de dijk bestaat bij voorkeur uit een grasbekleding op klei. Vanuit WSRL is een memo opgesteld, waarin Stevige (CAT I) Klei wordt voorgeschreven voor de buitenbekleding. Als dat binnen het project als uitgangspunt zou worden gehanteerd, blijkt uit laboratoriumproeven dat een significant deel van de bekleding dient te worden vervangen. Dit zal een significante kostenpost vormen, enerzijds omdat relatief dure erosie categorie I klei zal moeten worden ingekocht, en anderzijds vanwege de werkzaamheden die hiervoor nodig zijn. Onderzocht is of de bestaande deklaag kan voldoen.

Binnen het project is de kleikwaliteit op een aantal plekken op het buitentalud bepaald. In eerste instantie is op 8 locaties op het buitentalud de klei beproeft. Vervolgens is op 15 locaties aanvullend de erosie categorie beproeft. Hieruit blijkt dat op 12 plekken erosie categorie 1 aanwezig is, op 9 locaties erosie categorie 2 en op 2 locaties erosie categorie 3. Opgemerkt wordt dat volgens archiefmateriaal van vorige dijkversterkingen vrijwel overal erosie categorie 1 aanwezig zou moeten zijn, alleen bij het traject tussen DD133 en DD141 is dit niet bekend.

Uit de sonderingen en boringen in de kruin blijkt dat de kern van de dijk vrijwel overal uit klei bestaat. De dijk heeft een kruinbreedte van ca. 7 m. Naar verwachting is er dus veel reststerkte aanwezig in de dijk, ondanks dat er soms sprake is van CAT 3 klei bij de buitenbekleding.

Een analyse van de sterkte van het buitentalud is uitgevoerd. Op basis van de resultaten van BM-Grastalud volgt dat een grasbekleding bestaande uit gesloten graszode voldoet bij golfhoogtes kleiner dan 0,91m. Uit analyse van de hydraulische randvoorwaarden volgt dat voor twee trajecten hieraan voldaan wordt. Voor de overige negen trajecten zijn extremere golven aanwezig (>0,91 m). Hier is een reststerkte-analyse uitgevoerd. Hieruit wordt geconcludeerd dat de situatie voldoet bij categorie I of II-klei als een restprofiel wordt geaccepteerd dat onder een helling van 1:3 vanuit de binnenkruinlijn loopt. Bij één traject is categorie III-klei aangetroffen en kan de reststerkte methode dus niet worden toegepast. Tabel 3 geeft een overzicht van de GEBU-beoordeling van WOS. Vervolgens is voor de delen met cat 3 klei nog een nadere analyse uitgevoerd of het aanwezig zijn van categorie 3 klei een negatieve invloed heeft op de waterveiligheid van het ontwerp. Geconcludeerd kan worden dat rondom locatie DD140 het aanwezig zijn van klei categorie 3 geen invloed heeft op de waterveiligheid. Het faalmechanisme GEBU is goedgekeurd, omdat de grasbekleding (gesloten zode) voldoende sterk is om de golfhoogte te keren. Het zandgehalte is niet hoger dan 70% waardoor er geen negatief effect is. Rondom locatie DD168 is GEBU niet goedgekeurd omdat de grasmat niet voldoende standtijd heeft om de golven te kunnen weerstaan en vanwege het te hoge zandgehalte (55%) waardoor het toepassen van het reststerktemodel niet mogelijk is. In de nadere analyse is m.b.v. een gevoeligheidsanalyse aangetoond dat het toepassen van het reststerktemodel op deze locatie toch mogelijk is, omdat er voldoende reststerkte aanwezig is in de kern. Voor STBU is aangetoond dat de schadeprofielen binnen de marges liggen waardoor er geen negatief effect is.

Tabel 3 Resultaten reststerkte-analyse buitentalud bekleding beoordeling

Vak	Dijkpaal	Golfhoogte $H_s$ [m]	Golfperiode $T_s$ [s]	Beoordeling
1	DD133 – DD141	0,85	3,5	Voldoende (grasbekleding)
2	DD163 – DD171	1,05	3,8	Voldoende (reststerkte ondanks zandgehalte klei te hoog)
3	DD171 – DD182	1,14	4,0	Voldoende (reststerkte)
4	DD182 – DD186	1,07	3,9	Voldoende (reststerkte)
5	DD186 – DD193	1,00	3,7	Voldoende (reststerkte)

6	DD193 – DD205	1,00	3,7	Voldoende (reststerkte)
7	DD205 – DD234	1,05	3,8	Voldoende (reststerkte)
8	DD234 – DD250	0,86	3,4	Voldoende (grasbekleding)
9	DD250 – DD279	1,00	3,7	Voldoende (reststerkte)
10	DD279 – DD282	1,14	4,0	Voldoende (reststerkte)
11	DD282 – DD287	1,08	3,8	Voldoende (reststerkte)

In ontwerploop 3 is de materialisatie van de dijkversterking en de bekleding nader uitgewerkt. De materialisatie vraagt speciale aandacht, omdat het nieuw is dat de rivierdijken overslagbestendig worden ontworpen en dat de overstromingsbenadering wordt ontworpen op het voorkomen van een overstroming door bezwijken i.p.v. op het begin van bezwijken. Als het bestaande buitentalud wordt gehandhaafd, kan op deze locaties ook mogelijk de buitenbekleding behouden blijven.

De huidige dijk bestaat uit klei met uitzondering van een zandscheg onder het binnentalud en andersoortige grond in sommige aanhelingen en op- en afritten. Uit grondonderzoek blijkt dat de kleikern bestaat uit CAT 1 of 2 klei. Naar verwachting is er dus veel reststerkte aanwezig in de dijk, ondanks dat er soms sprake is van CAT 3 bij de buitenbekleding. De belastingduur en de golfhoogte is relatief beperkt, waardoor het aannemelijk is dat de faalkans ten aanzien van erosie van het buitentalud verwaarloosbaar is. Voor plekken waar het zandgehalte hoger is dan 40% zorgt de klei er naar verwachting voor dat de erosiebestendigheid van de dijk als geheel zeer groot is, waardoor het niet uitmaakt dat de buitenste 1 à 2 m minder erosiebestendig is. Hierdoor wordt het vervangen van de bekleding niet nodig geacht (zie hiervoor). Bij buitendijkse aanvulling met nieuwe grond wordt wel geadviseerd om minimaal 1 m erosiecategorie 1 kei toe te passen, omdat deze kleicategorie volgens erosietesten het meest doelmatig is ter bescherming tegen erosie.

De kleilaag op het binnentalud zal in zijn geheel worden vervangen, omdat de dijk aan de binnenzijde wordt verbreed en omdat de kwaliteit van de bestaande kleilaag onvoldoende kan worden gegarandeerd om de overslagbestendigheid te waarborgen. De binnenbekleding voldoet sowieso grotendeels niet aan de WSRL-eisen (cat. III of lutumgehalte buiten de range 20% -35%). In totaal voldoet 50% van de bekleding van het binnentalud niet aan de WSRL-eisen. Daarnaast is er op circa 50% van het dijktraject een onvoldoende dikke bekleding aanwezig op het binnentalud. Voor de bekleding is minimaal 0.8 m klei nodig op het binnentalud (0.3 m substraat en 0.5 m onderlaag) in verband met in de hand houden van dier graverijen. Indien er bij de aanleg van de nieuwe binnenbekleding zand wordt aangetroffen in het binnentalud, dan dient dit te worden verwijderd.

De herbruikbaarheid van klei en zand is mede afhankelijk van de WSRL-kwaliteitseisen. Praktisch al het materiaal is (technisch) herbruikbaar om aan te brengen op de stabiliteitsberm (eis lutumgehalte > 8%). Daarnaast zou het merendeel (circa. 70%) uit de dijk kern kunnen worden hergebruikt als binnenbekleding bij as-verschuivingen. Het zand uit de zandkoffer zou grotendeels (circa. 90%) kunnen worden hergebruikt als ophoogzand. De ontgraven klei kan elders in het talud en de berm hergebruikt worden.

Meer informatie:

- R31v02: Implicaties WSRL-memo's Bekledingen en Medegebruik voor Dijkversterking Wolferen - Sprok, 1 augustus 2019.
- R20: rapportage bekledings- en zandkofferonderzoek, 14 november 2019.
- R50: Beoordeling graserosie buitentalud (GEBU)
- 1218-0024-001.R20c Effect categorie 3 klei buitentalud op GEBU en STBU, juli 2020
- Aanpak bekleding buitenzijde, 28 mei 2020.

- R45: Materialisatie, 25 mei 2020.

### 6.7.2 Harde bekleding

Een grasbekleding op een kleilaag vormt de basis als dijkbekleding op het buitentalud. Uit de uitgevoerde beoordeling blijkt deze in principe te voldoen (zie hiervoor). Uitzondering op dit uitgangspunt vormen die locaties waar vanuit beheer een harde dijkbekleding nodig is. Het gaat dan om zwaar aangevallen stukken (stroming en golven) zoals schaar dijken en plekken waar de beheerder vanuit de beheerpraktijk vaak schade heeft door o.a. drijfvuil. Samen met de beheerder is een inventarisatie gemaakt van de bestaande harde bekledingen en is bepaald of hier weer harde bekleding terug moet komen. Ten opzichte van de huidige situatie zijn er geen extra locaties waar een harde bekleding zou moeten komen.

Het uitgangspunt in het ontwerp is dat harde open bekledingen terugkomen waar deze nu zijn toegepast, met als functie te beschermen tegen erosie door drijvend vuil. Basaltonbekledingen blijven behouden waar het talud niet wordt verhoogd. Als harde bekleding is Basalton gekozen omdat dit al veel is toegepast in het beheergebied, en een grote variatie in bekledingstypen is ongunstig voor het beheer en onderhoud. Bij wijziging van het buitentalud wordt een betonzuilenbekleding (bijvoorbeeld Basalton) van 15 cm of ecotop-zuil van 15 cm met 5 cm eco-deklaag dik aangebracht. De nieuwe bekleding ligt de onderkant op 0,5 meter beneden de dijkteen. De bovenkant is gelijk aan het NAP-niveau van de bestaande bekleding.

De bestaande harde bekledingen zijn op vijf locaties stabiel en blijven behouden. Op de overige vijf locaties, wordt de bestaande bekleding vervangen door een nieuwe betonzuilenbekleding.

Tabel 4 Ontwerp toplaag harde bekledingen

Locatie (dijkpalen)	Bestaande toplaag	Nieuwe toplaag
DD134+00 tot DD135+30	Basalton	Bestaand behouden
DD135+30 tot DD137+00	Basalton	Bestaand behouden
DD174+50 tot DD182+50	Colloïdaal beton	Betonzuil (Basalton)
DD187+20 tot DD194+30	Colloïdaal beton	Betonzuil (Basalton)
DD206+30 tot DD209+40	Basalton	Bestaand behouden
DD239+90 tot DD241+50	Basalton	Bestaand behouden
DD241+50 tot DD243+60	Ecobasalton	Bestaand behouden
DD249+10 tot DD252+50	Ecobasalton	Bestaand behouden
DD256+40 tot DD258+20	Zetsteen overlaagd	Betonzuil (Basalton)
DD263+25 tot DD263+70	Gesloten zetsteen	Betonzuil (Basalton)
DD263+70 tot DD264+15	Basalton	Bestaand behouden
DD279+00 tot DD282+10	Basalton	Betonzuil (Basalton)

Op circa 2.800 strekkende m dijk resulteert het ontwerp in vrijkomend beton in de vorm van oude Basalton, colloïdaal beton, gietasfalt en andere zetsteen. Hiervoor wordt in het kader van duurzaamheid in de voorbereiding van de uitvoering gekeken naar concrete invulling van mogelijkheden voor hergebruik van materiaal.

Meer informatie:

- Memo inventarisatie bekleding: Bekleding dijkversterking Wolferen-Sprok d.d. 14 augustus 2019

- Haalbaarheid binnenwaarts versterken, versie 1.0, 5 februari 2020.
- R61: Ontwerp harde bekledingen, versie 2.0, 18 juni 2020

## 6.8 Niet-waterkerende objecten

### *Gebouwen en bomen*

In ontwerploop 3 zijn voor diverse typen niet-waterkerende objecten (gebouwen en bomen) aanvullende beschouwingen gedaan.

Alle bestaande bouwwerken op de dijk zijn geïnventariseerd. Uit maatwerkbeschouwingen volgt dat er geen aanvullende voorzieningen nodig zijn om erosie langs deze bouwwerken door stromingsconcentraties door overslag te voorkomen.

Een inventarisatie is gemaakt van de aanwezige bomen langs het dijktraject. In samenspraak met het Waterschap is besloten dat alleen bomenrijen een mogelijk risico vormen. Deze komen op 4 locaties voor vlak achter een met grond versterkte dijk. Uit een probabilistische analyse volgt dat deze bomen geen risico vormen voor de stabiliteit van de dijk.

### *Kabels & leidingen*

Ten behoeve van het ontwerp en de beoordeling van kabels en leidingen zijn zettingen bepaald. De verwachte maximale zettingen bij deze dijkversterking liggen in de orde van enkele decimeters. De zettingen zijn op veel locaties beperkt tot minder dan 0,1 m. Dit heeft de volgende oorzaken:

- Er is sprake van een relatief dunne, veelal zandige deklaag.
- Uit samendrukkingsproeven volgt dat de grensspanningen / POP's in de grond relatief hoog zijn.
- De dikte van de ophogingen is beperkt.

Door POV Kabels en Leidingen zijn in maart 2020 conceptrapporten opgeleverd over de veiligheid van de bestaande kruisende gasleiding A-505 en de Vitens-waterleiding, beide gelegen ten westen van Slijk-Ewijk. Daarin werd geconcludeerd dat de faalkans van de leidingen klein genoeg is. Vervolgens heeft een uitgebreide review plaatsgevonden, die waarschijnlijk deels zal leiden tot aanpassing van deze conclusies. De review wordt momenteel nog verwerkt door de POV Kabels en Leidingen. Daarna zullen deze en andere leiding(kruising)en in de dijk nog nader moeten worden beschouwd.

### *Op- en afritten*

Er is een generieke beschouwing uitgevoerd van de geotechnische stabiliteit van de op- en afritten. Voor 76 opritten langs de dijk is aangegeven wat de ligging is en hoeverre er sprake is van kruisende langconstructies. Onderscheid is gemaakt tussen rechte opritten en schuine opritten. Per oprit is een advies gegeven voor de afwerking.

Meer informatie:

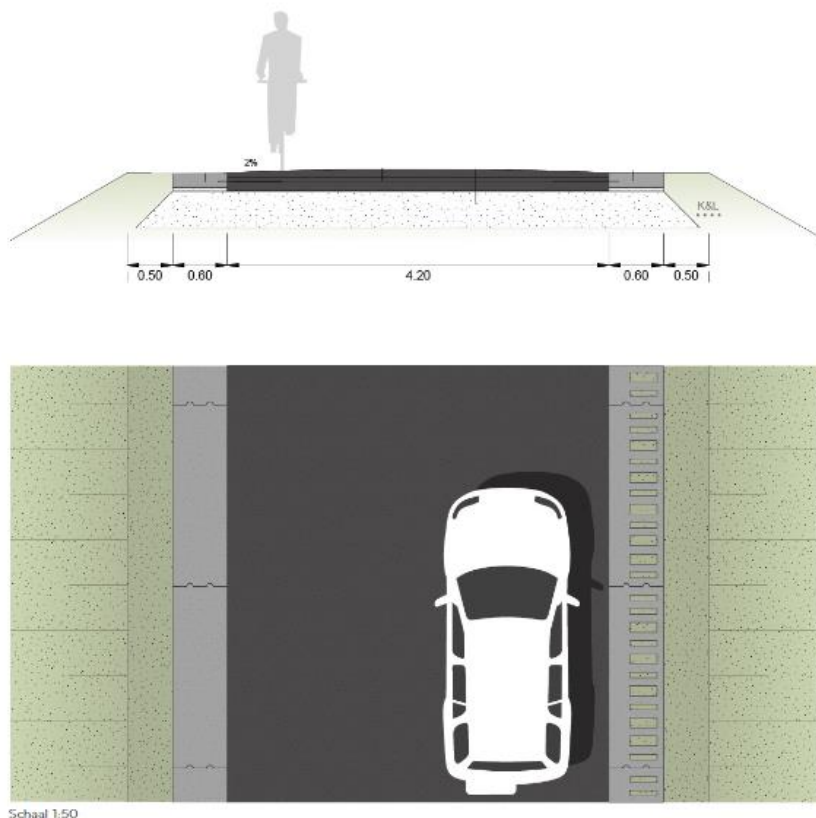
- R53: beoordeling graserosie binnentalud na versterking, 19 maart 2020.
- R10q: faalkansanalyse stabiliteit bomen, De Betuwse Waard, 3 juni 2020.
- Faalkansontwerp dijkontwerp Wolferen - Sprok met kruisende Vitens waterleiding, concept, Lievense 25 maart 2020.
- Faalkansanalyse gasleiding A-505 in dijkversterking Wolferen – Sprok, concept, Deltares, 27 maart 2020.
- R35: zettingen bij leidingen, 21 november 2019.

## 6.9 Wegverharding

### 6.9.1 Rijbaan

Op de kruin van de dijk ligt een weg, na versterking ligt de weg ook weer op de kruin. Op trajecten waar de kruin niet verhoogd hoeft te worden zou de huidige wegconstructie mogelijk behouden kunnen blijven. Uitgangspunt voor het ontwerp is dat de bestaande breedte wegverharding gehandhaafd blijft en het realiseren van de meekoppelkans Gastvrije Waaldijk (zie hoofdstuk 5). Dit betekent dat over het gehele traject een nieuwe wegverharding met specifieke opbouw komt.

Ook de wegverharding op de kruin krijgt over het hele Gastvrije Waaldijk tracé een eenduidige inrichting en materialisatie. De wegverharding bestaat uit een asfaltverharding met aan weerszijden een gladde prefab betonband van 60 cm breed conform het basisprincipe weginrichting van GVW (zie Figuur 13, eventueel met 2x een gladde betonband). Door de gemeente Overbetuwe is aangegeven dat er voorkeur is voor het toepassen van een asfaltbreedte van 4,2 m (smaller dan de huidige situatie) met uitzondering van een deel langs Tergouw (busroute) waar deze 4,6 m moet zijn. De groene berm wordt daarmee verbreed naar 0,9/0,6 m i.p.v. 0,5 m. Met het toevoegen van betonbanden geeft dit een verhardingsbreedte van 5,4 m respectievelijk 5,8 m.



Figuur 13 Basisprincipe weginrichting Gastvrije Waaldijk

### 6.9.2 Belevingspunten

Aansluitend op de wegverharding komen meerdere belevingspunten vanuit masterplan Gastvrije Waaldijk. Samen met de gemeente Overbetuwe wordt gewerkt aan het ontwerpen en vormgeven van de belevingspunten. Dit zijn plateaus op de buitenkruin die circa om de kilometer op markante plekken zijn gepositioneerd. Ze worden weergegeven als slanke eenheden die hoog op het talud aansluiten. Afhankelijk van de wijze waarop de belevingspunten aan het dijklichaam worden



toegevoegd leidt dit tot extra ruimtebeslag. In lijn met aanwijzingen vanuit het waterschap is het toegestaan het grondtalud lokaal te versteilen tot maximaal 1:2,5, dit wordt stabiel geacht. Het ontwerp past daarmee binnen de kaders van GVWD en leidt niet tot extra buitenwaarts ruimtebeslag.

## 6.10 Voorzieningen tegen dierlijke graverij

Op locaties waar dierlijke graverij in of nabij een waterkering tot verzwakking van de waterkering kan leiden, vereist het waterschap dat preventieve maatregelen getroffen worden (zie onderstaande eis uit het OPW2019).

### 10.2 Uitgangspunten beheer en onderhoud

Dierlijke graverij kan leiden tot een dijkdoorbraak. Grote gravers zoals bevers en dassen kunnen grote gevolgen hebben voor de functie van de waterkering. Tegelijkertijd hebben deze dieren een beschermde status. Bij het ontwerp van een waterkering dient de habitat van de bever en de das in relatie tot de dijk in beeld gebracht te worden door een deskundig persoon. Bij het ontwerp dienen preventieve maatregelen te worden getroffen, op plekken waar de afgelopen 5 jaren bevers of dassen gevestigd zijn of waar aannemelijk is dat dassen of bevers zich vestigen. Naast deze 'grote gravers' dienen ook de effecten van andere vormen van dierlijke graverij voor het desbetreffende dijkversterkingstraject in beeld gebracht te worden. Mocht blijken dat deze andere soorten een effect kunnen hebben op de waterkerende functie, dan dient hier ook een passende preventieve maatregel getroffen te worden in het dijkontwerp.

Figuur 14 Eis OPW2019 Dierlijke graverij

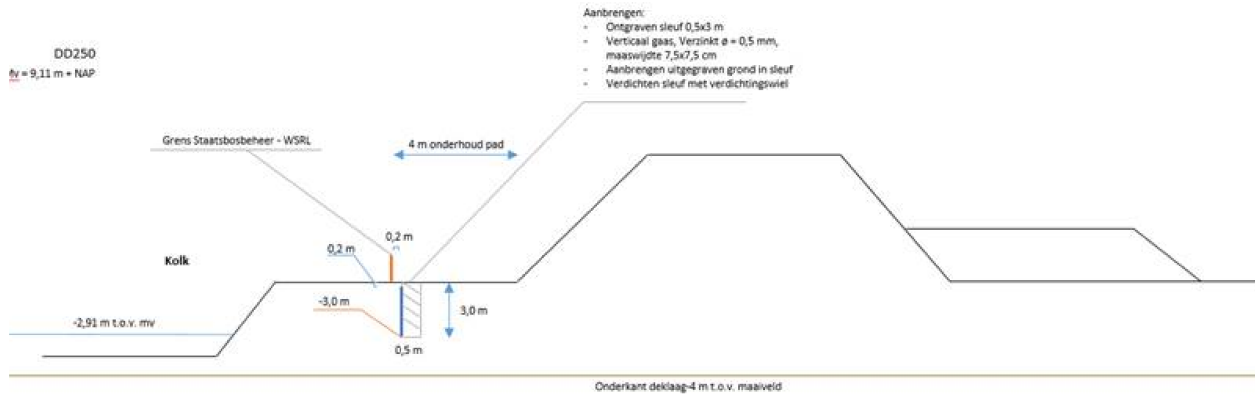
Samen met de dijkbeheerder is een inventarisatie uitgevoerd van locaties langs het traject Wolferen-Sprok waar bevers zijn aangetroffen of wat een potentieel leefgebied is van de bever en waar daarom preventieve maatregelen getroffen moeten worden. In onderstaande Tabel 5 zijn de locaties benoemd.

Inventarisatie bestaande situatie:												
Nr.	Dijkpaal begin (DD + m)	Dijkpaal eind (DD + m)	Verdediging aanwezig	Verdediging nodig	Reparatie nodig aan bestaande verdediging	Soort verdediging	Opmerkingen	Afstand (m)	Maatregel	Locatie maatregelen	Principe oplossing	Eigendoms situatie
1	DD 257	DD 258 + 30	ja	ja	ja	Boven een rij grasbetontegels daaronder geotextiel met basalt.	Volgens beheerder is er een nieuwe laag basalt nodig.	130	Beheerder WSRL repareert bestaande verdediging			
2	DD 253	DD 257 + 50	nee	nee	-	-	Staat geen water	450	Geen verdediging nodig			
3	DD 249 + 60	DD 252	nee	ja	-	-	Beheerder verwacht bevers	240	Voorziening tegen dierlijke graverij	Onderhoudspad	Maatregel 1 V G B&O	
4	DD 244 + 70	DD 247 + 40	nee	ja	-	-	Beheerder verwacht bevers	270	Voorziening tegen dierlijke graverij	Insteek strang/wiel	Maatregel 2 VG insteek geul	Staatsbosbeheer
5	DD 217	DD 223 + 60	nee	ja	-	-	Bevers aanwezig	660	Voorziening tegen dierlijke graverij	Insteek strang/wiel	Maatregel 2 VG insteek geul	WSRL
6	DD 192	DD 193 + 40	nee	nee	-	-	Te flauwe oever voor bevers	140	Ging verdediging nodig			
7	DD 185 + 80	DD 187	ja	ja	nee	Geo textiel, klei afdekking, stortsteen	-	120	Ging verdediging nodig			
8	DD 179 + 40	DD 181 + 50	nee	nee	-	-	Afstand tussen teen erg groot, flauw oevertalud	210	Ging verdediging nodig			
9	DD 170	DD 171 + 70	nee	nee	-	-	Te grote afstand	170	Ging verdediging nodig			
10	DD 135 + 50	DD 137 + 90	nee	ja	-	-	Redelijk flauw talud, zaten bevergaten, zandberm	240	Combineren met pipingvoorziening of voorziening tegen dierlijke graverij			WSRL
								Scope dijkversterking WOS	Totaal nieuwe verdediging nodig:	1410		

Tabel 5 Inventarisatie locaties voorzieningen tegen dierlijke graverij

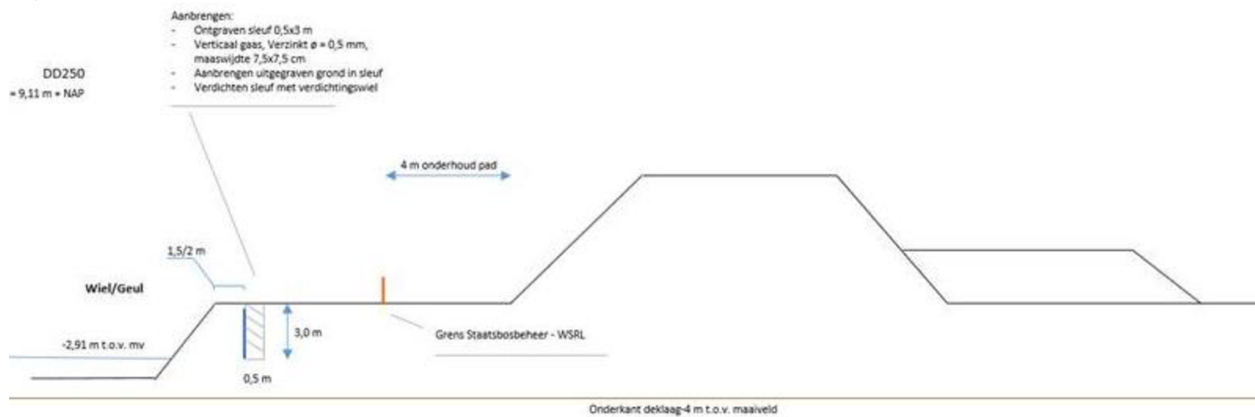
Daar waar al een pipingvoorziening (locatie 10) in de vorm van een constructiefscherm wordt toegepast, wordt gekeken of deze gecombineerd kan worden met de voorziening tegen dierlijke graverij. Ter plaatse van vier van de bovenstaande geïnventariseerde locaties is geen pipingscherm aanwezig. Dit resulteert in een viertal locaties waar in ieder geval een voorziening tegen dierlijke graverij moet worden aangebracht (OMT besluit).

**DD249+60 - DD252 Aanbrengen in onderhoudspad (zie Figuur 15 voor principe)**



Figuur 15 Principe ontwerpmaatregel in onderhoudspad

**DD244+70 – DD247+40 en DD217 – DD223+60 Aanbrengen op 1,5/2 m uit insteek strang/wiel(zie Figuur 16 voor principe)**



Figuur 16 Principe ontwerp maatregel bij insteek wiel/geul

In de verdere uitwerking van het ontwerp zal het principeontwerp van de maatregel nader worden ontworpen.

## 6.11 Maatwerkoplossingen

### 6.11.1 Uitwerking in 20 ontwerpcases

Zoals in hoofdstuk 4 is beschreven, zijn de in het VKA benoemde maatwerklocaties geclusterd en in ontwerpcases integraal uitgewerkt. Het gaat om ca. 90 maatwerklocaties, die als ruimtelijke opgave gecombineerd zijn naar 20 ontwerpcases. Elke casus is in varianten uitgewerkt in een separate rapportage. Alle ontwerpcase rapportages kennen de in onderstaande Tabel 6 genoemde opzet.

Hoofdstuk	Inhoud
1. Inleiding	Korte toelichting op het doel van dit document en leeswijzer
2. Ontwerpogave	Beschrijven van de vraagstukken waar het ontwerp in deze casus over gaat (Maatwerklocaties, Aandachtspunten uit het MER (deel 1) zoals archeologie en natuur, kabels & leidingen
3. Varianten	Beschrijving van de varianten inclusief een schetsontwerp
4. Beoordeling en afweging	Toelichting op de beoordeling van de varianten op de criteria uit het beoordelingskader en afweging tot de voorkeursvariant incl. keuze overslagdebiet
5. Vervolgstappen	Toelichting op openstaande kwesties die nog nader uitgewerkt moeten worden in het definitief dijkontwerp

Tabel 6 Basisopzet Case rapportage maatwerk

### 6.11.2 Uitzondering: ontwerpcases met buitenwaartse versterking

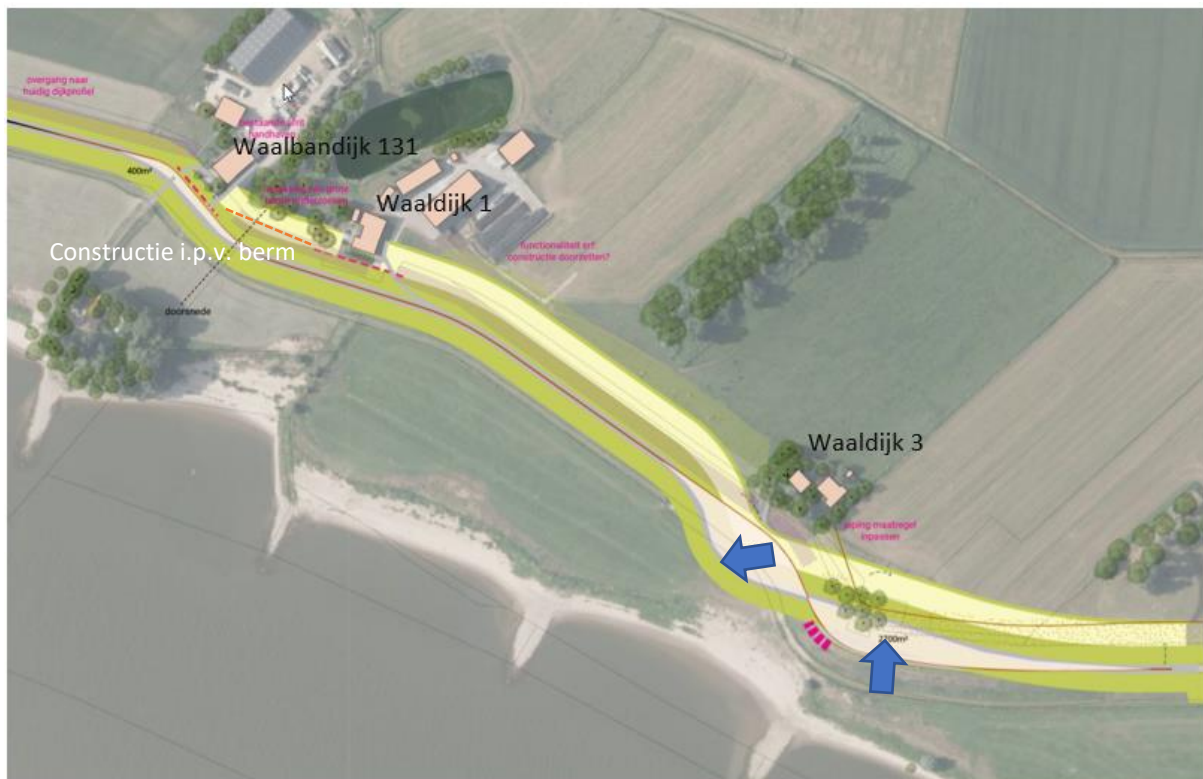
Bij de afweging van varianten aan de hand van het beoordelingskader had een buitenwaartse versterking veelal niet de voorkeur. Belangrijke factoren daarin zijn het feit dat het buitendijks gelegen gebied N2000-gebied is en dat rivierkundige effecten gecompenseerd moeten worden. Er zijn een aantal maatwerklocaties waar het door de binnendijks gelegen waarden (bijvoorbeeld monumenten) niet mogelijk was binnenwaarts te versterken. Deze locaties zijn hieronder kort beschreven. Meer informatie is beschikbaar in de rapportage van de betreffende case. In de rivierkundige beschouwing zijn de buitenwaartse versterkingen beoordeeld op effecten.

#### Buitenwaarts versterken

Het binnentalud kan bij ontwerpcase 12 Slijk - Ewijk en 17 Waaldijk 6 binnendijks niet worden verflauwd, omdat het dan onvermijdelijk is dat de panden aangetast of verwijderd moeten worden. Bij beide ontwerpcases wordt het bestaande binnentalud behouden wat in beide gevallen leidt tot een ruimtebeslag buitendijks. Voor het buitentalud is een helling 1:3 aangehouden

#### Asverschuiving Wolferen

In ontwerpcase 19 Wolferen wordt de dijk op twee plekken buitenwaarts versterkt waaronder een as-verschuiving met een versterking zowel binnenwaarts als buitenwaarts (zie Figuur 17). Ter hoogte van Waalbandijk 131 en Waaldijk 1 kan binnendijks niet worden verflauwd, omdat het onvermijdelijk is dat de panden daarbij aangetast worden. Hier komt een constructie binnendijks. Ter hoogte van Waaldijk 3 wordt de dijk rivierwaarts verplaatst, waardoor de dijk versterkt kan worden met een binnendijkse stabiliteitsberm. In samenhang hiermee wordt de nabij gelegen bocht in de dijk landinwaarts verlegd omdat de dijk al binnendijks een lokale ophoging heeft. Per saldo is er door gedeeltelijke teruglegging van de dijk in zijn geheel geen sprake van extra buitenwaarts ruimtebeslag. Daarnaast kan er in grond versterkt worden.



Figuur 17 Schets van as-verschuiving bij casus 19 Wolferen

## 7 Veilig en Uitvoerbaar

Het opgestelde ontwerp van de dijkversterking is op een veilige wijze uitvoerbaar. Dit is in het ontwerpproces geborgd door het vroegtijdig betrekken van uitvoeringsexpertise vanuit de aannemerscombinatie. Meegedacht is bij het vormgeven en maken van keuzes in het basisprofiel van de versterking in grond, maar in het bijzonder bij de variantkeuze van de maatwerklocaties. Dit zijn veelal locaties met weinig werkruimte waar constructieve maatregelen zoals damwanden aangebracht moeten worden. Uitvoerbaarheid en invloed op de omgeving zijn aspecten waarop de ontwerpcases rond de maatwerklocaties integraal zijn beschouwd. Bij elke situatie heeft een uitvoeringsdeskundige de versterkingsopgave beschouwd, meegedacht in de mogelijke varianten en heeft in de afweging van de varianten deze op veilige uitvoerbaarheid beoordeeld.

De uitvoerbaarheid van het aanbrengen van de damwanden is in het ontwerp van de constructies meegenomen. Zo is onder andere gekeken of de benodigde damwandprofielen vanuit geotechnische stabiliteit zwaar genoeg zijn om op diepte gebracht te worden. Daarnaast is voor een representatief profiel beschouwd of de geotechnische uitvoeringsveiligheid voldoende is op het moment dat tijdens het aanbrengen van een damwand een zware heikraan op de kruin van de dijk staat en planken de grond in brengt. Deze berekening bevestigt dat de geotechnische stabiliteit van het dijklichaam ook onder die omstandigheden geborgd zijn. Aanvullend is een heiproef voor het aanbrengen van de kunststof heaveschermen uitgevoerd om te controleren of de gewenste kwaliteit gerealiseerd kan worden.

De invloed van het plaatsen van stalen damwanden op de omgeving is meegenomen in het ontwerp. Hierbij worden trillingen en zakkingen beschouwd, op basis waarvan wordt beoordeeld of er risico is op schade aan panden in de omgeving. Als dit het geval is worden alternatieven, zoals fluideren of voorboren, beschouwd om de scherm schadevrij te kunnen installeren. Hiervan worden de effecten op het ontwerp van de damwanden bepaald. Daarnaast wordt de uitvoeringsstabiliteit van de dijk tijdens het intrillen van de damwanden beschouwd.

Voor meer informatie:

- Zie uitvoeringsplan v2.1
- Zie rapportage Uitvoeringsaspecten Langconstructies 28 februari 2020

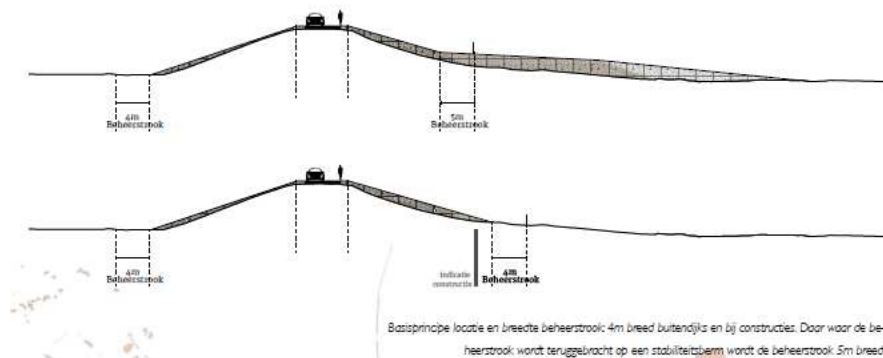
## 8 Beheerbaarheid

Een belangrijke voorwaarde om de versterkte dijk goed te kunnen beheren is een goede toegankelijkheid van de dijk i.v.m. beheerbaarheid en inspecteerbaarheid. Het gaat daarbij om de aanwezigheid van beheerstroken, niet te steile taluds (>1:3) en inspecteerbare taluds.

Bij het ontwerp van de dijkversterking is de beheerder intensief betrokken. De beheerder betreft niet alleen de dagelijks dijkbeheerder, maar ook beleidsafdelingen binnen het waterschap zoals Afdeling Strategie en Beleid.

Door middel van een 4-wekelijks intern technisch overleg zijn de beheerder en dijkspecialisten van WSRL meegenomen in de ontwerpkeuzes en uitgangspunten. De ontwerpkeuzes en uitgangspunten m.b.t. beheer en onderhoud zijn getoetst aan verschillende eisen van WSRL zoals het “beheer en onderhoudsplan 2019”.

Het uitgangspunt met betrekking tot beheerstroken langs de dijk is dat waar in de bestaande situatie beheerstroken aanwezig zijn die in principe weer terugkomen. Daarnaast is vanuit het beleid van het waterschap ook op de hoge binnenberm, net langs het binnentalud een beheerstrook van 5 m opgenomen i.v.m. het hoge overslagdebiet (zie Figuur 18). Op die plaatsen waar door de toename van de omvang van het dijklichaam het toepassen van een beheerstrook langs de teen niet meer past (te sparen waarden) is met de dijkbeheerder afstemming geweest hoe de beheerbaarheid toch te borgen is. De beheerstroken en de daarbij horende op en afritten worden nader uitgewerkt in het B&O onderhoudsplan van WOS in ontwerploop 3.



Figuur 18 Locatie beheerstrook bij profiel met en zonder binnenberm

De binnendijkse stabiliteitsbermen zijn (op de meeste locaties) door middel van een talud 1:10 aangesloten op het bestaande maaiveld. Dit zorgt voor een betere ruimtelijke inpassing en maakt beter mogelijk. In deze situaties vervalt de noodzaak voor een beheerstrook van 4 m binnendijks bij het einde van steunberm doordat deze valt binnen de zone waar medegebruik plaats vindt.

In het ontwerp zijn de taludhellingen minimaal 1:3 op het buitentalud. Vanuit benodigde stabiliteit en de wens om de bermhoogte binnendijks zoveel mogelijk te reduceren heeft het binnentalud een helling van 1:3,5. Daarmee zijn de dijktafstanden en bermen goed beheerbaar. Op enkele maatwerklocaties is een steiler talud behouden door aanvullende maatregelen. Voor hiertoe besloten is, heeft hierover afstemming met de beheerder plaatsgevonden dat op deze specifieke afwijking acceptabel is.

## Bijlage 1 Overzicht langsconstructies

